
**Die Relevanz lernprozessorientierter Sequenzierung im
physikbezogenen Sachunterricht –
eine Videostudie zur Berücksichtigung von Tiefenstrukturen
beim Experimentieren**

Christina Krumbacher

Der Fakultät für Physik an der Universität Duisburg-Essen vorgelegte Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturphilosophie (Dr. phil. nat.)

Gutachter: Prof. Dr. Hans E. Fischer
Prof. Dr. Andreas Hartinger

Tag der Disputation: 16.03.2016

Zusammenfassung

Eine im physikbezogenen Sachunterricht verbreitete Schwierigkeit scheint in der starken Fokussierung auf die handelnde Auseinandersetzung mit einem Experimental- bzw. Lerngegenstand zu liegen, ohne diesen zu reflektieren (vgl. Ohle, 2010). Dabei werden gerade reflektierende Phasen und denkende Auseinandersetzungen beim Experimentieren als wichtige Elemente des Lernprozesses angesehen (vgl. z.B. Hofstein & Lunetta, 2004; Abrahams & Millar, 2008). Der bewussten Sequenzierung mentaler Verarbeitungsprozesse, der sogenannten Tiefenstrukturierung, wird großes Potential unterstellt (Fischer et al. 2002), um solche „Hands-on-Minds-off“-Aktivitäten schon auf der Planungsebene zu vermeiden.

Oser und Kollegen (z.B. 2001) haben insgesamt zwölf Basismodelle zur Tiefenstrukturierung entwickelt, von denen drei relevant für den physikalischen Sachunterricht zu sein scheinen: Konzeptbilden, Lernen durch Eigenerfahrung und Problemlösen. Diese Annahme basiert auf Studien zum Physikunterricht, in denen sich die drei genannten Basismodelle als förderlich erwiesen haben (vgl. z.B. Wackermann, 2007, Zander et al. 2015). Für den Sachunterricht liegen allerdings kaum empirische Ergebnisse vor.

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Eignung der drei o.g. Basismodelle für den physikbezogenen Sachunterricht empirisch zu überprüfen. Inwiefern sich die o.g. Modelle eignen, wird auf drei Ebenen analysiert, denen sich drei übergeordnete Forschungsfragen zuordnen lassen:

- F1 Die Ebene des **Unterrichtsangebots**: Inwiefern können die drei o.g. Basismodelle erfolgreich in den Sachunterricht implementiert werden?
- F2 Die Ebene der **Lernaktivität bzw. der Nutzung** des Unterrichtsangebots: Inwiefern können die Schülerinnen und Schüler einem auf Grundlage der o.g. Basismodellen tiefenstrukturierten Sachunterrichtsangebot – inklusive der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS – im intendierten Sinne folgen bzw. inwiefern nutzen sie es im intendierten Sinne?
- F3 Die Ebene der **Lernwirksamkeit**: Inwiefern führt eine Unterrichtseinheit, die anhand der drei o.g. Basismodelle tiefenstrukturiert ist, zu einem Lernerfolg?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Unterrichtseinheit entwickelt (*Aggregatzustände und ihre Übergänge*), die nach den o.g. Basismodellen tiefenstrukturiert wurde. Die Einheit wurde in fünf Klassen der vierten Jahrgangsstufe durchgeführt (n= 112).

Den Forschungsfragen 1 und 2 wird anhand einer quantitativen Analyse von Unterrichtsvideos nachgegangen. Hierfür wurden die Unterrichtsstunden videografiert und sowohl das Unterrichtsangebot als auch die Nutzung des Angebots von der Seite einzelner Schülerinnen und Schüler wurden intervallbasiert kodiert. Die Kodierung zeigt gute Interrater-Reliabilitäten ($.71 < \kappa < .97$). Eine kriteriengeleitete Analyse der Daten weist auf eine erfolgreiche Implementation der Basismodelle auf der Ebene des Unterrichtsangebots und eine effektive Nutzung dieses Angebots hin. Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede in der Nutzung des Angebots zwischen Mädchen und Jungen sowie zwischen Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten finden. Das deutet darauf hin, dass sich die o.g. Basismodelle als Möglichkeit zur Tiefenstrukturierung im physikbezogenen Sachunterricht für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen eignen. Für die Beantwortung der 3. Forschungsfrage wurde ein Prä-Posttest durchgeführt. Dafür wurde ein aus der PLUS-Studie vorliegender Paper&Pencil-Test zum deklarativen und konzeptuellen Wissen herangezogen (Kauertz et al., 2011). Der Test weist eine gute Reliabilität im Posttest auf (Cronbachs α post = .80). Es zeigt sich ein signifikanter Lernzuwachs zwischen erstem und zweitem Messzeitpunkt ($p < .001$) mit einer mittleren bis hohen Effektstärke (Cohens $d = .77$).

Die Ergebnisse lassen annehmen, dass eine Tiefenstrukturierung nach Oser et al. (z.B. 2001) im physikbezogenen Sachunterricht sowohl fachdidaktisch-konzeptionell als auch auf den drei o.g. Ebenen, also in Bezug auf das Lernangebot und die Lernaktivität bzw. Nutzung reflektierender Phasen und den Lernzuwachs sinnvoll ist.

Abstract

In elementary school, often physics topics are implemented with the aid of hands-on activities, using simple experimental devices (e.g. Ohle, 2010). But neither the content nor the procedures of these experiments are usually embedded in cognitive reflection or knowledge applications (ibid.). Particularly reflections, including planning, conducting and analyzing an experiment, are very important elements for learning science in all levels of education. Therefore it is essential, that „students [...] interact intellectually as well as physically“, otherwise the special potential of school laboratory activities will be lost (Hofstein, & Lunetta, 2004, 49).

So how an instruction should be designed to facilitate and initiate cognitive interaction?

This study is based on the models developed by Oser & Baeriswyl (2001). They describe 12 basis models of teaching as possible ways of structuring lessons. The models are based on the assumption that in order to enable successful learning processes, certain key steps need to be taken (ibid.). All basis models consist of a number of steps that depend on the teaching goal of the lesson. A suitable basis model for a particular lesson depends on the respective teachings goals. One important character of the basis models can be found in the reflective phases, as these phases allow students deeper cognitive involvement with the content.

Three of the basis models are stated to be essentially important for physics lessons (e.g. Wackermann, 2007), also at elementary level. These models enable the most common structures of experiments and hands-on-activities in elementary school: Learning through Experience, Problem Solving and Concept Building.

The aim of this study was to evaluate the efficacy of an implementation of the three learning sequences for elementary physics lessons. For that purpose, a teaching unit has been developed and taught in five elementary school classes (grade 4, $n=112$ students). The students' ages ranged between 8 – 12 years. The unit addressing the topic of “evaporation and -condensation“ consists of five 90-minute lessons in which all three aforementioned basis models are implemented. The learning gain was measured with a pre-post-test. Interest, cognitive abilities and reading comprehension were controlled by adequate, corresponding instruments (PLUS-Interest scale, CFT R-20, ELFE). To analyze the quality of the implementation and the learning activities of the students, the unit has been videotaped. The quantitative analysis of the videos was based on a self-developed manual.

In order to prove the reliability of the coding manual, 40% of all videos were coded independently by two coders. A satisfying interrater agreement was reached for the sequencing of learning processes ($.7 < \kappa < .97$). The analysis shows that the basis models were implemented in a high quality way.

For the analysis of students' learning activities, the videos of 20 students were coded individually. The students were chosen based on their learning gains, ten high- and ten low-achievers. The analysis showed that students can follow the implemented steps in general. No significant differences between the learning activities of boys and girls or students with higher or lower cognitive abilities can be found in the whole teaching unit.

The learning gain between pre- and post-test was highly significant ($t(111) = 5,5 : p < .001$) with a medium to large effect size (Cohen's $d = .77$). The reliability increased from pre-test to post-test (Cronbach's α pre = .59, Cronbach's α post = .80), showing that the students knew more and guessed less after the teaching unit took place.

The study shows that an instructional model based on a composition of three of Oser & Baeriswyl's basis models can be implemented in elementary school science classes with a high impact on the students' learning achievement. The teacher is able to implement the learning sequences on a high quality level. Students with high and low learning gains and different cognitive abilities were able to follow the implemented steps in a similar way. It can be assumed, that the implemented basis models are an adequate way to structure science lessons in primary school.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Entwicklungs- und kognitionspsychologische Forschung zum naturwissenschaftlichen Lernen	9
2.1	Entwicklung bereichsspezifischen und begrifflichen Wissens	9
2.2	Wissenschaftliches Denken im Kindesalter.....	11
2.3	Zusammenfassung und didaktische Schlussfolgerungen.....	13
3	Naturwissenschaftlicher Sachunterricht	15
3.1	Stellenwert und Grundlagen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts	15
3.2	Konzeptionelle Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts.....	17
3.3	Planung und Strukturierung (physikbezogener) Lernumgebungen im Sachunterricht	20
3.4	Ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im (Sach-)Unterricht.....	26
3.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die vorliegende Arbeit.....	28
4	Basismodelle als Planungsgrundlage zur Tiefenstrukturierung	30
4.1	Grundlagen der Basismodell-Theorie: Lernprozessorientierung	30
4.1.1	Das Verhältnis zwischen Sichtstruktur und Tiefenstruktur.....	31
4.1.2	Aspekte der Durchführung der HKS eines Basismodells.....	32
4.2	Kritische Aspekte zur Basismodell-Theorie	34
4.3	Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die vorliegende Arbeit.....	35
5	Experimentieren im physikbezogenen Sachunterricht	36
5.1	Arbeitsdefinition des Experimentierens im Sachunterricht.....	36
5.2	Ziele und Probleme beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen (Sach-) Unterricht.....	39
5.3	Fachdidaktisch-konzeptionelle Lernumgebungen zum Experimentieren in der (Grund-)Schule	41
5.4	Experimentieren in der Sachunterrichtspraxis	45
5.5	Genderspezifische Aspekte zum naturwissenschaftlichen Experimentieren in der Grundschule	46
5.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die vorliegende Studie	48

6	Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN als Möglichkeiten der Sequenzierung von Experimenten im Sachunterricht	50
6.1	Überblick über die intendierten Wissensarten	51
6.2	Reflektierende und kognitiv ausgerichtete HKS	51
6.3	Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG	52
6.4	Basismodell KONZEPTBILDEN	54
6.5	Basismodell PROBLEMLÖSEN	55
6.6	Ausgewählte empirische Ergebnisse	57
6.7	Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die vorliegende Studie	59
7	Zusammenfassung des Forschungsstandes und Problemaufriss ..	60
8	Ziel und Forschungsfragen	62
8.1	Erste Forschungsfrage: Ebene des Lernangebots	63
8.2	Zweite Forschungsfrage: Ebene der Lernaktivität bzw. der Nutzung des Lernangebots	66
8.3	Dritte Forschungsfrage: Ebene des Ertrags bzw. der Wirkung	69
9	Methodischer Aufbau der Studie	73
9.1	Design der Studie	73
9.2	Stichprobe	75
9.3	Datenerhebung	76
9.3.1	Kamerasetting	78
9.3.2	Überblick über die Unterrichtseinheit zur Verdunstung und Kondensation	78
9.4	Erfassung der Lernprozess-Sequenzierung anhand der Unterrichtsvideos	80
9.4.1	Analyse von Unterrichtsvideos	80
9.4.2	Ansätze zur quantitativen Analyse von Unterrichtsvideos	81
9.4.3	Instrumente zur Analyse von Tiefenstrukturen im Unterricht	82
9.4.4	Diskussion der Gütekriterien	85
9.4.5	Auswahl der Stichprobe zur Kodierung auf Individualebene	88
9.5	Erfassung des deklarativen Wissens und konzeptuellen Verständnisses	89
9.6	Erfassung des Interesses	91
9.7	Erfassung der weiteren Variablen	92
9.7.1	Kognitive Fähigkeiten	92

9.7.2	Lesefähigkeit	92
10	Datenauswertung.....	93
10.1	Auswertung der Paper-and-Pencil-Tests.....	93
10.2	Aufbereitung und Auswertung der Videodaten.....	94
10.2.1	Zeit und Time-on-Task	94
10.2.2	Zielorientierung, Vollständigkeit und Reihenfolge	94
11	Ergebnisse: Angebots-Ebene	98
11.1	H1a: Umsetzung der Tiefenstrukturierung nach den Basismodellen	102
11.1.1	Zielorientierung.....	102
11.1.2	Reihenfolge	104
11.1.3	Vollständigkeit	105
11.1.4	Inhaltliche Lernmöglichkeit.....	108
11.1.5	H1a: Zusammenfassung der Ergebnisse	110
11.2	H1b: Implementation reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter HKS.....	110
12	Ergebnisse: Ebene der Lernaktivität bzw. der Nutzung	113
12.1	H2a: Nutzung der angebotenen Tiefenstrukturierung	113
12.1.1	Zielorientierung.....	114
12.1.2	Reihenfolge	117
12.1.3	Vollständigkeit	119
12.1.4	Indikatoren Zielorientierung, Vollständigkeit und Reihenfolge nach Basismodellen	120
12.1.5	Aktive Lernzeit im Unterricht: Time-on-Task.....	124
12.1.6	H2a: Zusammenfassung der Ergebnisse	125
12.2	H2b: Nutzung reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter HKS	125
13	Ergebnisse: Ebene des Lernzuwachses bzw. des Ertrags	130
13.1	H3.1: Lernzuwachs im Bereich konzeptuellen und deklarativen Wissens.....	130
13.2	H3.2: Interesse	133
13.3	H3.3: Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen	134
14	Zusammenfassung und Diskussion	137
14.1	Zusammenfassung und Diskussion um die Implementation und Nutzung der Basismodelle	138

14.2	Diskussion um den Lernzuwachs und seinen Zusammenhang mit der Nutzung der Basismodelle	139
14.3	Didaktische Implikationen.....	140
14.4	Weiterer Forschungsbedarf	142
15	Literaturangaben.....	144
	Anhang	159
Anhang I:	Vorschläge zu ausgewählten Aspekten der Sicht- bzw. Oberflächenstrukturierungen	159
Anhang II:	Kodiermanual zur Videoanalyse: Basismodelle Angebots-Seite	161
Anhang III:	Kodiermanual zur Videoanalyse: Basismodelle Nutzungs-Seite	179

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angebot-Nutzungs-Modell des Unterrichts (Helmke, 2009, 73).....	26
Abbildung 2: The fundamental purpose of labwork: to help students make links between two domains (Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2003, 9)	39
Abbildung 3: Die Dimensionierung und Graduierung des offenen Experimentierens im Überblick (Priemer, 2011, 325).....	43
Abbildung 4: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2009)	62
Abbildung 5: Fragebogen zum Interesse an physikalischen Themen	91
Abbildung 6: Erklärung der Tabelle.....	106
Abbildung 7: Anteile der HKS in Prozent.....	111
Abbildung 8: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung über alle drei Basismodelle hinweg, Angaben in Prozent.....	121
Abbildung 9: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG in Prozent.....	121
Abbildung 10: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung KONZEPTBILDEN in Prozent.....	122
Abbildung 11: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung PROBLEMLÖSEN in Prozent.....	123
Abbildung 12: Vergleich zwischen der Nutzung nach Basismodellen	123
Abbildung 13: Angebot und Nutzung reflektierender und kognitiv ausgerichteter HKS im Vergleich, Angaben in Prozent.....	128
Abbildung 14: Gruppenvergleich nach Vorwissen, Angaben in Prozent, $n_{\text{gesamt}} = 107$	132
Abbildung 15: Lernzuwachs nach kognitiven Fähigkeiten, gemessen durch den CFT-R-20	133
Abbildung 16: Messwiederholungs-Anova Unterschiede im Lernzuwachs zwischen Mädchen und Jungen (Messzeitpunkt*Geschlecht).....	135

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Problemlösender Unterricht nach Schmidkunz und Lindemann (1992).....	24
Tabelle 2: Die fünf Schritte des 5E-Modells nach Bybee et al. (2006, 2)	25
Tabelle 3: Analytical framework for considering the effectiveness of a practical task (Abrahams & Millar, 2008, 1949).....	38
Tabelle 4: Mögliche Unterteilung von experimentellen Arbeitsweisen (Grygier & Hartinger, 2009, 15)	41
Tabelle 5: Verschiedene Experimentierweisen nach Offenheitsgrad.....	42

Tabelle 6: Ausgewählte Basismodelle (hier „Sequenzen“ genannt) und dazu gehörende Lehrzieltypen und Wissensarten nach Geller (2015)	51
Tabelle 7: Die Schritte des Lernens durch Eigenerfahrung nach Oser und Baeriswyl (2001, 1050), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin	53
Tabelle 8: Die Schritte des KONZEPTBILDENS nach Oser und Baeriswyl (2001, 1054), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin....	54
Tabelle 9: Die Schritte des Problemlösens nach Oser und Baeriswyl (2001, 1053), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin....	56
Tabelle 10: Überblick über die Variablen und die dazugehörigen Erhebungsinstrumente...	75
Tabelle 11: Altersübersicht der Probanden	76
Tabelle 12: Überblick über die zeitliche Durchführung	77
Tabelle 13: Überblick über die erhobenen Daten.....	77
Tabelle 14: Die der Unterrichtseinheit zu Grunde liegenden Basismodelle	78
Tabelle 15: Überblick über die Unterrichtseinheit „Verdunstung und Kondensation“	79
Tabelle 16: Features of the Qualitative and Quantitative Approach (Fischer & Neumann, 2012, 13)	80
Tabelle 17: Kategorien der Videomanuale	84
Tabelle 18: Überblick über die Interrater-Reliabilität angegeben in Cohens κ	88
Tabelle 19: Nummerierung der Schritte des Lernens durch Eigenerfahrung.....	95
Tabelle 20: Nummerierung der Schritte des KONZEPTBILDENS.....	95
Tabelle 21: Nummerierung der Schritte des Problemlösens.....	96
Tabelle 22: Beispielhafter Auszug der Kodierung der Videodaten eines Schülers (vier Minuten einer Unterrichtsstunde), ebenso wird beim Angebot vorgegangen	97
Tabelle 23: Ergebnisse im Überblick	101
Tabelle 24: Überblick über die Zielorientierung, *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt.....	103
Tabelle 25: Überblick über die Reihenfolge.....	104
Tabelle 26: Übersicht über die Vollständigkeit.....	106
Tabelle 27: Vollständigkeit des Angebots in Bezug auf die Basismodelle, KB = KONZEPTBILDEN, LE= LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, PL= PROBLEMLÖSEN	107
Tabelle 28: Zeitlicher Überblick über die inhaltlichen Lernmöglichkeiten auf der Angebotsseite	108
Tabelle 29: Anteile der HKS pro Basismodell in Prozent (gerundet) und Minuten	111
Tabelle 30: Abweichungen „Zielorientierung“ insgesamt	114

Tabelle 31: Überblick über die Zielorientierung (Nutzung), *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt.....	116
Tabelle 32: Abweichungen „Reihenfolge“ gesamt	117
Tabelle 33: Überblick über die Reihenfolge (Nutzung), *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt	118
Tabelle 34: Abweichungen „Vollständigkeit“ gesamt.....	119
Tabelle 35: Vollständigkeit der Nutzung nach Basismodellen	120
Tabelle 36: Überblick über die Time-on-Task	124
Tabelle 37: Übersicht über die Nutzung der jeweiligen Basismodelle und HKS.....	127
Tabelle 38: Übersicht über den Lernzuwachs, MZP= Messzeitpunkt.....	131
Tabelle 39: Interesse an physikalischen Themen	134
Tabelle 40: Rangwerte Interesse	134
Tabelle 41: MW-Anova Lernzuwachs (Geschlecht*Messzeitpunkt).....	135
Tabelle 42: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells Lernen durch Eigenerfahrung.....	159
Tabelle 43: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells KONZEPTBILDEN	160
Tabelle 44: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells Problemlösen	160

“Practical work was generally effective in getting students to do what is intended with physical objects, but much less effective in getting them to use the intended scientific ideas to guide their actions and reflect upon the data they collect.”

Abrahams & Millar (2008, 1945)

1 Einleitung

Die Strukturierung von (Sach-)Unterricht, sei sie nun durch die Lehrperson vorgegeben oder von den Schülerinnen und Schülern vorgenommen, gilt als ein Aspekt von Unterrichtsqualität (vgl. z.B. Meyer, 2004; Möller et al., 2006). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht bedeutet das vor allem auch naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen (z.B. Explorieren, Experimentieren, Problemlösen) angemessen zu strukturieren. Eine im physikbezogenen Sachunterricht verbreitete Schwierigkeit scheint in der starken Fokussierung auf die handelnde Auseinandersetzung mit einem Experimental- bzw. Lerngegenstand zu liegen, ohne diesen zu reflektieren (vgl. Ohle, 2010). Dabei werden gerade reflektierende Phasen und denkende Auseinandersetzungen als wichtiges Element des Lernprozesses angesehen (vgl. z.B. Hofstein & Lunetta, 2004; Abrahams & Millar, 2008). Das bedeutet nicht, dass die handelnde Auseinandersetzung und das Sammeln von Erfahrungen nicht relevant für den Lernprozess sind, sondern dass Ziele im Bereich des konzeptuellen Wissenserwerbs auch eine Auseinandersetzung auf der Ebene der kognitiven Prozesse erfordern. Der bewussten Sequenzierung mentaler Verarbeitungsprozesse, der sogenannten Tiefenstruktur von Lernprozessen, wird dabei großes Potential unterstellt (Fischer et al. 2002), um solche „Hands-on-Minds-off“-Aktivitäten zu vermeiden. Insofern ist die Tiefenstrukturierung zwar als wichtiges Planungselement von (Sach-)Unterricht in entsprechender didaktischer Literatur zu finden (z.B. Gläser & Sothmann, 2013; Kiper & Mischke, 2009), wird aber im physikbezogenen Sachunterricht kaum bzw. nur sehr einseitig umgesetzt (vgl. Ohle, 2010).

Anders als in didaktischen Dreischritt-Modellen, die meist pauschal aus einer Art Einleitung, Erarbeitung und Reflexion bestehen, werden die Schritte in Tiefenstruktur-Modellen spezifisch auf den jeweiligen Lehr-Lernprozess abgestimmt (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001). Welche Schritte das sind, hängt vom jeweiligen Lehrziel ab (vgl. ebd.). Oser und Kollegen (Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995; Oser & Baeriswyl, 2001; Oser et al., 2013) haben insgesamt zwölf Modelle zur Tiefenstrukturierung unterschiedlicher Lehrzieltypen entwickelt. In diesen sogenannten Basismodellen werden neben der handelnden Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand auch reflektierende bzw. eher kognitiv ausgerichtete Phasen als integraler Bestandteil von Lernprozessen berücksichtigt. Ob sich die o.g. Basismodelle

überhaupt für den Sachunterricht eignen, welche der 12 Modelle relevant für den physikbezogenen Sachunterricht sind und wie Schülerinnen und Schüler gerade die reflektierenden Phasen solcher Sequenzierungen nutzen, wurde bisher jedoch wenig empirisch untersucht. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Beitrag zur empirischen Untersuchung der Relevanz spezifischer Tiefenstrukturierungen für den physikbezogenen Sachunterricht geleistet werden. Dafür wird zuerst aus entwicklungs- und kognitionspsychologischer Perspektive erörtert, wie weit das wissenschaftliche Denken von Schülerinnen und Schülern im Grundschulalter ausgeprägt ist und welche didaktischen Konsequenzen sich daraus ergeben (Kapitel 2). Denn bei der Auswahl geeigneter Basismodelle besteht im Optimalfall eine Passung zwischen den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und den jeweiligen Lehrzieltypen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Auswahl von geeigneten Strukturierungsmodellen ist die konzeptionelle Anlage eines Unterrichtsfaches. Im Kapitel 3 wird deshalb ein Überblick über die Grundlagen und Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts gegeben, um danach auf Planungsaspekte und fachspezifische Aspekte der Unterrichtsqualität einzugehen. Nachdem die Voraussetzungen auf der Seite der Schülerinnen und Schüler und der Konzeption des Sachunterrichts diskutiert wurden, folgt im Kapitel 4 die Darstellung der allgemeinen Grundlagen der Basismodell-Theorie.

Anschließend wird auf eine der wichtigsten Arbeitsweisen im physikbezogenen Sachunterricht eingegangen, das Experimentieren (Kapitel 5). Anknüpfend an die Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts werden hier spezifische Ziele und Probleme auf fachdidaktisch-konzeptioneller sowie unterrichtspraktischer Ebene erörtert.

Auf der Grundlage der vorherigen Kapitel werden in Kapitel 6 die für den physikbezogenen Sachunterricht als relevant angesehenen Basismodelle erläutert. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den reflektierenden und kognitiv ausgerichteten Phasen der Tiefenstrukturierungen.

Den Abschluss des Theorieteils bilden eine Zusammenfassung und ein Problemaufriss (Kapitel 7).

In Kapitel 8 werden Fragestellungen und Hypothesen formuliert, denen der methodische Aufbau (Kapitel 9) folgt, in dem sich schwerpunktmäßig mit der Videokodierung der Tiefenstruktur von Lernprozessen auseinandergesetzt wird. In Kapitel 10 wird die Datenauswertung dargestellt. Die in den Kapiteln 11-13 berichteten Ergebnisse werden dann in Kapitel 14 im Hinblick auf inhaltliche und methodische Implikationen diskutiert. Den Abschluss bildet eine Diskussion über den weiteren Forschungsbedarf.

“The conceptualization of mature scientific thinking that has guided our work is one sufficiently broad to encompass skilled thinking both within and outside of professional science.”

Kuhn & Pearsall (2000, 114)

2 Entwicklungs- und kognitionspsychologische Forschung zum naturwissenschaftlichen Lernen

Eine wesentliche Voraussetzung für die Festlegung und Operationalisierung von Unterrichtszielen in der Grundschule stellt das Wissen um die kognitiven und entwicklungspsychologischen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler dar. Nur so können z.B. Kompetenzentwicklungsmodelle entwickelt und die curricularen Bedingungen entsprechend angepasst werden. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens wird dabei vor allem auf zwei Bereiche fokussiert: auf die Entwicklung bereichsspezifischen und begrifflichen Wissens (Kapitel 2.1) und auf das wissenschaftliche Denken, d.h. inwieweit Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter über Fähigkeiten verfügen, systematische Strategien zum Erkenntnisgewinn zu nutzen und diesen Prozess zu reflektieren (Kapitel 2.2). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über beide Bereiche gegeben, um daraus Schlussfolgerungen für den Problemaufriss der vorliegenden Studie zu ziehen (Kapitel 2.3).

2.1 Entwicklung bereichsspezifischen und begrifflichen Wissens

In den – auf Piaget basierenden – klassischen entwicklungspsychologischen Theorien ging man davon aus, dass die Hirnentwicklung eines Grundschulkindes unabgeschlossen sei und damit allgemeine Mängel in inhaltsübergreifenden Bereichen vorlägen (vgl. Montada, 2002). Erst nach einer abgeschlossenen zerebralen Reifung, so diese Theorien, sei die volle kognitive Kapazität zu erreichen (vgl. ebd.). Da sich nach diesen Theorien unter anderem Fähigkeiten wie zu dezentrieren (d.h. die Fähigkeit zu einem Zeitpunkt mehr als eine Dimension einer Aufgabe zu berücksichtigen), transitive und kausale Schlüsse zu ziehen erst im Grundschulalter entwickeln (vgl. ebd.), wäre es demnach wenig sinnvoll, Grundschulkin- der mit Prozessen zu konfrontieren, die eben diese Fähigkeiten fordern.

Auch in neo-piagetschen Entwicklungstheorien ging man davon aus, dass das Gehirn noch defizitär sei und somit eine eingeschränkte „Arbeitsspeicherkapazität“ vorläge, die sich erst

im Laufe der Kindheit entwickelt (vgl. Sodian, 1998). Allerdings sind die Fortschritte der kognitiven Leistungen hierbei eher auf einen quantitativen Zuwachs der Informationsverarbeitungskapazität zurückzuführen (ebd.). Auch hier ist die Fähigkeit, kognitiv anspruchsvolle Aufgaben zu lösen, eine direkte Konsequenz einer zerebralen Weiterentwicklung.

Bisher konnten Theorien zur bereichsübergreifenden Denkentwicklung empirisch nicht bestätigt werden. Allerdings gibt es empirische Studien, die belegen, dass viele der behaupteten stadien typischen Defizite im Denken so nicht zu bestehen scheinen (vgl. Sodian, 1998). Anders als in der traditionellen, auf Piagets Annahmen basierenden Entwicklungspsychologie konnte gezeigt werden, dass bereits Grundschulkinder zu schlussfolgerndem Denken in anspruchsvollen Inhaltsbereichen in der Lage sind, wenn sie sich in der Domäne auskennen (vgl. Stern, 2003, 39). Auch in der Mathematik und den Naturwissenschaften sind bei einigen Grundschulkindern Leistungen zu beobachten, die mit der Annahme, dass eine unvollendete zerebrale Entwicklung bestimmte Denkopoperationen unmöglich macht, nicht mehr vereinbar sind (vgl. Stern, 2003, 39; Sodian & Thoermer, 2002, 445ff.). Da die Leistungen der Experten-Kinder in Bereichen außerhalb ihres Spezialgebietes in der Norm bleiben, kann auch ausgeschlossen werden, dass es sich um völlig untypische, weil extrem hochbegabte Kinder handelt (Stern, 2003). Auch wenn es einige Evidenzen dafür gibt, dass sich im Grundschulalter noch zerebrale Veränderungen vollziehen, die auch die Effizienz beeinflussen, mit der die Arbeitsspeicherkapazität genutzt wird, ist die Bedeutung des inhaltspezifischen Wissens für die kognitive Entwicklung doch unumstritten (ebd.). Ein entscheidender Grund dafür, dass Kinder in fast allen Gebieten schlechtere Leistungen erbringen als Erwachsene, liegt darin, dass Kinder aus zeitlichen Gründen im Allgemeinen noch keine Gelegenheit hatten, das benötigte Wissen zu erwerben. In diesem Zusammenhang werden Kinder auch als universelle Novizen bezeichnet (Stern, 2003, S. 39f.). Versteht man kognitive Entwicklung, genauer das Lernen, als den Erwerb und die Umstrukturierung von Wissen, ist davon auszugehen, dass eine frühe Konfrontation mit anspruchsvollen Inhaltsgebieten einen Entwicklungsvorsprung verschafft (ebd.).

Unter Wissenserwerb wird hier nicht allein die Akkumulation von Fakten, sondern vielmehr der Erwerb theoriegeleiteter Begriffe und Konzepte verstanden (Sodian, 1998, 632ff.). Diesbezüglich konnten Kleickmann, Hardy, Pollmeier und Möller (2011) für den naturwissenschaftlichen Wissenserwerb in der Grundschule am Beispiel der Inhaltsbereiche „Schwimmen und Sinken“ sowie „Verdunstung und Kondensation“ zeigen, dass das Wissen der Grundschulkinder sich weder ausschließlich aus isolierten Einzelementen zusammensetzt, noch von Anfang an theorie-ähnlich und kohärent aufgebaut ist (Kleickmann et al., 2011, 210).

2.2 *Wissenschaftliches Denken im Kindesalter*

Es besteht kein Zweifel daran, dass sich die kognitiven Leistungen von Kindern und Erwachsenen unterscheiden. Kinder im Grundschulalter lösen experimentelle Aufgaben anders, machen nach (vermeintlich) wissenschaftlichen Kriterien Fehler bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten (vgl. Hammann, 2006). Doch worin liegt dieser Unterschied begründet? Mangelt es Kindern an kognitiver Reife oder haben sie nicht „gelernt“, worauf es beim Experimentieren ankommt?

Bullock und Ziegler (1993 und 1999) fanden in ihren Studien, dass ein bzw. zwei Drittel der Dritt- und Viertklässler in der Lage sind, kontrollierte, d.h. unkonfundierte Experimente zu wählen, wenn diese vorgeschlagen werden. Dabei fällt es auch Erwachsenen schwer, spontan ein unkonfundiertes Experiment zu entwickeln (ebd., 1999). Grundschulkinder verfügen demnach über ein Grundverständnis des Experimentierens, schlagen von sich aus allerdings kaum (unkonfundierte) Experimente vor (ebd.).

Chen und Klahr (1999) zeigen in ihrer Studie zu Strategien der Variablenkontrolle („Control of Variables Strategy“, kurz „CVS“) u.a., dass man auf der Grundlage des vorhandenen epistemologischen Verständnisses die Fähigkeit zur eigenständigen Anwendung von CVS in einfachen Experimenten fördern kann. CVS ist hierbei definiert unter dem prozeduralen und logischen Aspekt, d.h. als Strategie der Variablenveränderung, auf deren Basis gültige Experimente durchgeführt werden und aus denen dann valide kausale Inferenzen gezogen werden können. Es wurde gezeigt, dass sich eine Kombination aus expliziten Training und impliziter Förderung durch „Hands-on“-Experimente positiv auf die Fähigkeit zur korrekten Anwendung von CVS auswirkt, wobei alle untersuchten Altersstufen (Zweit- bis Viertklässler) gleichermaßen profitieren. Entwicklungsbedingt unterschiedliche Anfangsvoraussetzungen konnten allerdings weder durch Training noch durch Förderung aufgeholt werden. So können Zweitklässler im Unterschied zu Viertklässlern die erlernten Strategien nur dann auf andere Situationen übertragen, wenn sich die inhaltlichen Kontexte ähneln. Die Fähigkeit, CVS in andere Zusammenhänge zu transferieren, nimmt jedoch im Laufe der Grundschulzeit stark zu. So können Viertklässler CVS erfolgreich in inhaltsferne Kontexte übertragen. (Chen & Klahr, 1999, 1118)

In ihrer Studie zum metabegrifflichen Verständnis des Zusammenhangs von Hypothesen und Evidenz in der Leistungsdomäne fanden Schrempf und Sodian (1999), dass Kinder weit früher als vermutet über ein reflexives Verständnis des Zusammenhangs zwischen Hypothese und Evidenz verfügen und elementare Verständnisvoraussetzungen für wissenschaftliches Denken früh erworben werden (Schrempf & Sodian, 1999). Es zeigen sich frühe Kompetenzen (in der Altersstufe der Vorschule) im systematischen, reflektierten wissenschaftlichen Denken in einer Domäne, in der auch Kinder schon über reiches theoretisches Vorwissen verfügen (ebd.). An Studien, die die Fähigkeit zur Evidenzevaluation und Hypothesenprüfung in inhaltsarmen Kontexten untersuchen, d.h. in Aufgaben in denen die Kin-

der keine Vorkenntnisse haben, wurde das zugrunde liegende positivistische Wissenschaftsverständnis kritisiert (ebd.; Koslowski, 1996). Ferner zeigten mehrere Indikatoren für metabegriffliches Verständnis deutliche Entwicklungsfortschritte zwischen der zweiten und vierten Klassenstufe und korrelative Zusammenhänge zwischen den Teilfähigkeiten Fähigkeit zur Testauswahl, zur Spezifizierung erwarteter und unerwarteter Ergebnisse und zur evidenzbezogenen Begründung (Schrempp & Sodian, 1999). Die vorliegenden Befunde deuten darauf hin, dass sich metabegriffliche Kompetenzen weitgehend unabhängig vom inhaltlichen Vorwissen entwickeln. Außerdem zeigt eine Studie von Schrempp und Sodian (1999), dass Grundschulkindern über ein begrenztes Verständnis der Logik der Prüfung von Kausalhypothesen verfügen. Die Relevanz unterschiedlicher Datenquellen für die Prüfung von (Attributions-)Hypothesen wird von der Mehrheit der Kinder falsch eingeschätzt: Ein einziges hypothesenkonformes Ergebnis wird scheinbar von vielen Kindern als hinreichende Evidenz für die Annahme einer Hypothese betrachtet. Die Vermutung Kuhns (1991), dass es sich bei einer Elaboration eigener theoretischer Vorstellungen der Kinder um das Unverständnis darüber, was es heißt eine „Hypothese „testbar“ zu machen“ handelt, weisen die Autoren allerdings zurück (Schrempp & Sodian, 1999). Vielmehr konnte eine Studie zur Theorie-Evidenz-Koordination von Grundschulkindern zeigen, dass diese in der Lage sind, die Logik der Konstruktion der Experimente und der Interpretation der Daten zu verstehen und selbst theoriekonforme Inferenzen aus Daten zu ziehen (Sodian & Thoermer, 2002). In der entwicklungspsychologischen Literatur „zum begrifflichen Verständnis epistemologischer Konzepte, [wurde] die Differenzierung von Theorie und Evidenz als Kern des Verständnisses aktiver Wissenskonstruktion herausgearbeitet“ (Sodian et al. 2006, 150). Um den Theorie-Evidenz-Bezug in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen zu verstehen, ist ein metabegriffliches Verständnis dieses Zusammenhangs notwendig – oder zumindest förderlich (ebd.). Daher wird der Vermittlung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses ein hoher Stellenwert bei der erfolgreichen Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens zugeschrieben (Carey & Smith, 1993).

Allerdings weisen die Befunde auch auf gravierende Defizite im metatheoretischen Verständnis von Grundschulkindern hin: Die Kinder neigen dazu, Theorien zu trivialisieren und Theoriekonflikte zu negieren (Sodian & Thoermer, 2002). Diese Präkonzepte wurden allerdings auch bei älteren Schülerinnen und Schülern und Erwachsenen gefunden (vgl. ebd.), was die Vermutung zulässt, dass sich ein normativ erwünschtes Wissenschaftsverständnis, genauer epistemologisches Verständnis nicht mit der Zeit „automatisch“ einstellt, sondern unterstützt werden muss. Der Erwerb der Schriftsprache, das Lernen in der Gruppe und die Orientierung an der Lehrperson geben indirekt Anstöße zur Entwicklung von Metakognition sowie Lern- und Denkstrategien (Kail, 1992). *„Derartige Kompetenzen sind lernbar, aber nur sehr begrenzt direkt lehrbar. Metakognitive Kompetenzen können nur als Destillat des inhaltsbezogenen Lernens gesehen werden. [...] Auch stärker inhaltsbezogene Kompetenzen wie wissenschaftliches Denken oder ein mathematisches Verständnis von Proportionen sind*

nicht das Ergebnis eines direkten Instruktionsprozesses, sondern haben sich in einem aktiven Prozess der Konstruktion und Umstrukturierung von spezifischem Wissen herauskristallisiert.“ (Stern 2003, 39f.)

In einer Studie zum Wissenschaftsverständnis älterer Grundschulkinder zeigen Sodian et al. (2002), dass durch eine kurzfristige curriculare Intervention zum Prozess der Konstruktion wissenschaftlichen Wissens ein rudimentäres Verständnis der Rolle empirischer Tests vermittelt werden kann, das inhaltsunabhängig auf wissenschaftliche Problemstellungen angewandt wird. Neu ist in diesem Zusammenhang vor allem, dass eine wissenschaftstheoretische Unterrichtseinheit, die kein spezifisches Strategietraining enthält, bereits im Grundschulalter inhaltsunabhängige Effekte auf das Verständnis des Experimentierens zeigt (ebd., 204). Der Trainingseffekt war nicht beschränkt auf das abstrakt-definitorische Verständnis der Logik der Hypothesenprüfung, sondern die Trainingsklasse verbesserte sich auch in der Wahl eines kontrollierten Experiments – in einer Aufgabe zum Verständnis des Experimentierens aus einer artifiziellen Domäne, die nicht Gegenstand des Unterrichts war. Allerdings zeigten sich keine Effekte auf die Fähigkeit zur ungestützten, spontanen Produktion eines kontrollierten Experiments, wobei die Verbesserung der Trainingsklasse in der Wahlaufgabe doch für eine Generalisierung des *Verständnisses* des Hypothesentestens spricht, das im aktiven Handeln (Durchführung geeigneter Tests) noch nicht voll umgesetzt werden kann (ebd., 203f.).

2.3 Zusammenfassung und didaktische Schlussfolgerungen

Das wissenschaftliche Denken von Kindern ist Inhalt diverser entwicklungs- und kognitionspsychologischer Studien (z.B. Bullock & Ziegler, 1993 und 1999; Kuhn & Pearsall, 2000; Bullock & Sodian, 2003; Koerber et al., 2005; Sodian et al., 2006; Kleickmann et al., 2011). Die Ergebnisse belegen, dass Kinder im Grundschulalter über ein epistemologisches und wissenschaftsmethodisches Grundverständnis verfügen, zeigen allerdings Defizite bei dessen Umsetzung und Übertragung sowie im metatheoretischen Bereich. Die Theorien zum domänenspezifischen Wissenserwerb postulieren dabei aber auch die Relevanz inhaltsbezogenen Wissens für die zerebrale Entwicklung.

Wie Kleickmann et al. (2011) gezeigt haben, ist es dabei empfehlenswert, Prozesse der Aneignung naturwissenschaftlichen Wissens nicht allein als eine Umstrukturierung von Wissen zu sehen (Conceptual Change), sondern auch aus der Perspektive der Wissensintegration (Kleickmann et al., 2011, 210). Das schränkt den in der Didaktik sehr populären Gedanken des Konzeptwechsels insofern ein, dass erst ein Konzept als solches vorhanden sein muss, um es in die gewünschte Richtung zu ändern oder auszudifferenzieren. Treagust und Duit (2008, 324) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass sich ein erfolgreicher Konzeptwechsel in gängigen Unterrichtssituationen als Herausforderung darstellt.

Liegt Wissen in Einzelementen und eben nicht in einer theorie-ähnlich aufgebauten Struktur vor, ist ein Konzeptwechsel nicht möglich. In diesem Fall muss erst einmal ein erfahrungsbasiertes Wissen erarbeitet werden, um theorie-ähnlich aufgebaute Wissensstrukturen zu erlangen. Es scheint sich zudem anzubieten, erst einmal den Konzeptaufbau zu stützen, bevor ein Konzeptwechsel vorgenommen wird. Hierfür muss das erfahrungsbasierte Wissen in einen Theorie- oder Konzeptzusammenhang gebracht werden. Strategiewissen, das im Rahmen naturwissenschaftlichen Lernens erworben wird, kann dabei offensichtlich inhaltsunabhängig übertragen werden, wie Sodian und Thoermer (2002) zeigen konnten.

Insofern sind didaktische Möglichkeiten und Sequenzierungen zu finden, die es erlauben, sowohl inhaltsbezogene als auch wissenschaftsmethodische bzw. strategische Wissensstrukturen aufzubauen sowie vorhandene Wissensstrukturen auszudifferenzieren und zu erweitern. Es scheinen sich drei übergreifende Wissensarten herauszukristallisieren: erfahrungsbasiertes Wissen, theorie- bzw. konzept-ähnlich aufgebautes Wissen und strategisches Wissen. Um die Vielfalt der Wissensbereiche abdecken zu können, sind evtl. mehrere unterschiedliche, d.h. lernprozessorientierte Möglichkeiten notwendig. Diese müssen auf die curricularen Vorgaben und Ziele abgestimmt werden, auf die im folgenden Kapitel eingegangen wird.

„[Es] liegen empirische Evidenzen dafür vor, dass fachdidaktischen Aspekten eine größere Bedeutung als bislang eingeräumt werden muss, wenn es um die Frage nach gutem Unterricht geht. Für die künftige Unterrichtsforschung bedeutet dies, auch Grundschulunterricht unter einer verstärkt fachdidaktischen Perspektive zu analysieren.“

Lipowsky (2007, 47)

3 Naturwissenschaftlicher Sachunterricht

Seit den frühen 1980er Jahren sehen Sachunterrichtskonzeptionen eine vielperspektivische Anlage vor, die sich aktuell auf fünf Perspektiven bezieht: die naturwissenschaftliche, technische, räumliche (geografische), historische und sozial- und gesellschaftswissenschaftliche Perspektive (vgl. z.B. GDSU, 2013). An dieser Stelle kann schon vermutet werden, dass der Anteil an den sogenannten „harten Naturwissenschaften“ Physik und Chemie vergleichsweise gering ausfällt (vgl. auch Möller et al., 2004). In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick über die aktuelleren und aktuellen konzeptionellen Grundlagen (Kapitel 3.1), Ziele (Kapitel 3.2) und Planungsaspekte (Kapitel 3.3) gegeben, da sie als Richtlinie und Orientierung bezüglich der Planung und Sequenzierung von Unterricht gelten, um im Anschluss ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität zu diskutieren (Kapitel 3.4).

3.1 Stellenwert und Grundlagen naturwissenschaftlichen Sachunterrichts

Der Stellenwert des naturwissenschaftsbezogenen Unterrichts wurde in der Grundschule in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts immer wieder (bildungs-)politischen Schwankungen unterworfen, z.B. dem sogenannten Sputnik-Schock 1957 (vgl. z.B. Spreckelsen, 2011, 139; Klewitz, 2011, 89). Einer starken „prinzipiell wissenschaftliche[n] Orientierung der Lerninhalte und Lernprozesse“ (Deutscher Bildungsrat 1970, 123 f.) folgte in den späten 1980er Jahren die Abwendung von naturwissenschaftlichen Themen (vgl. z.B. Einsiedler, 1998, 2f.), die als „nicht kindgemäß, wenig erfahrungs- und situationsorientiert wahrgenommen [wurden]“ (Köster, 2006, 7). Dabei haftete der Wissenschaftsorientierung dieser Zeit im Nachhinein eher eine negative Konnotation an, da sie als Gegensatz zur Kind- und Verständnisorientierung gesehen wurde. Die Ursache dafür liegt vermutlich darin begrün-

det, dass Inhalte und Konzepte für den (Grundschul-)Unterricht zwar reduziert, allerdings nicht entsprechend instruktionslogisch analysiert und aufbereitet wurden.

Seit den späten 1990er Jahren bzw. frühen 2000er Jahren, u.a. auch als Folge der unter den Erwartungen bleibenden deutschen PISA-Ergebnisse, wird aus den Handlungsfeldern Politik, Pädagogik, Psychologie, Fachdidaktik und aus der Deutschen Industrie überraschend einstimmig naturwissenschaftliche Bildung bereits in der Primarstufe, teilweise auch schon im Kindergarten gefordert (vgl. Möller, 2006). Unterstützt wird diese Sichtweise von den Ergebnissen der 2011 durchgeführten TIMS-Studie: Zwar liegt Deutschland auf Platz 17 der insgesamt 50 Teilnehmerstaaten (Bos, Wendt, Köller, & Selter, 2012, 17), allerdings ist der Abstand zum Durchschnitt der Vergleichsgruppe EU statistisch signifikant, wenn auch gering (ebd.). Damit zeigen sich keine Veränderungen zur ersten TIMSS-Grundschule, die 2007 durchgeführt wurde. Die Prognose für zukünftige TIMSS Ergebnisse scheint eher düster:

„Ob dieses Niveau in Deutschland weiterhin gehalten werden kann, ist unter anderem vor dem Hintergrund demographischer Entwicklungen fraglich. Zweifel sind auch deshalb angebracht, weil das Programm SINUS an Grundschulen zur Steigerung der Unterrichtsqualität im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht im Jahre 2013 ausläuft, ohne dass ernsthafte Bestrebungen erkennbar sind, dieses Programm fortzuführen beziehungsweise in die Fläche zu tragen. Möglichst vielen Schülerinnen und Schülern eine profunde naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln wäre aber die Grundlage dafür, auch den Herausforderungen des Nachwuchsmangels in vielen naturwissenschaftlichen und technischen Berufsfeldern zu begegnen.“

(Bos et al. 2012, 19)

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Entwicklung einer *Scientific Literacy*, also einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, entscheidend zur aktiven Teilnahme an einer von Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt beiträgt (vgl. z.B. Höttecke, 2008, 7; Fischer, 1998, 41). *Scientific Literacy* umfasst eine Vielzahl von Aspekten, die weit über Konzept- und Inhaltswissen hinausgehen, wie z.B. das Wissen darüber, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht (epistemologisches Wissen), aber auch das Kommunizieren und Argumentieren sowie die Präsentation von Wissen, um an gesellschaftlichen Diskursen teilnehmen zu können (Fischer, 1998, 42).

Davon ausgehend kristallisiert sich eine Tendenz heraus, anspruchsvolle Inhaltsgebiete, gerade auch die naturwissenschaftlichen und mathematischen, im sinnvollen Rahmen vorzulegen (Stern, 2003, 56). Dieser Trend wird durch die neueren Ergebnisse entwicklungspsychologischer und fachdidaktischer Forschung gestützt (vgl. Kapitel 2.1 und 2.2) und bezieht sich ebenso auf (natur)wissenschaftsbezogene Methoden zur Wissenskonstruktion und zum Wissenserwerb. Im physikbezogenen Sachunterricht sind damit vor allem experimentelle Arbeitsweisen gemeint. Letztere rücken insbesondere deshalb in den Vordergrund, da angenommen wird, dass ein Verständnis wissenschaftlicher Methoden zum Er-

kenntnisgewinn sich begünstigend auf das Verständnis von Fachwissen auswirkt (Höttecke, 2008). Dass schon bei Grundschulkindern ein Potential im Bereich der wissenschaftlichen Methoden zur Erkenntnisgewinnung vorliegt, konnten die in Kapitel 2.1 und 2.2 genannten Studien nachweisen. Zudem konnten Sodian et al. (2006, 147-160) zeigen, dass eine explizite Förderung des Wissenschaftsverständnisses sich positiv auf die Kenntnisse wissenschaftlicher Methoden und aktiver Wissenskonstruktion auswirkt. Die Defizite im Verständnis älterer Schülerinnen und Schüler sowie Erwachsener zeigen, dass sich ein elaboriertes wissenschaftstheoretisches Verständnis nicht im Rahmen eines bloßen Erfahrungssammelns mit der Zeit „von selbst“ ergibt, sondern je nach spezifischem Feinziel implizit oder explizit gefördert werden muss, d.h. im Rahmen inhaltsbezogenen Lernens oder durch gezieltes Training (vgl. Kapitel 2.2).

Insofern lässt sich auch aktuell von einer Wissenschaftsorientierung sprechen, die allerdings im Gegensatz zur Wissenschaftsorientierung in den 1970er Jahren einen ganzheitlicheren Blick auf die Naturwissenschaften wirft. Die an grundlegender Bildung orientierten Ziele sind demnach viel weiter gefächert und umfassen neben verschiedenen Wissenskategorien auch Softskills und motivationale Aspekte. Dies soll im nächsten Kapitel näher ausgeführt werden.

3.2 Konzeptionelle Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts

Über die Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts herrscht international weitgehende Einigkeit (Möller, 2006, 110), auch wenn Bildungsstandards für den Sachunterricht in Deutschland bis heute noch nicht festgelegt sind.

Nicht eine Vermittlung systematisch organisierten Wissens mit dem Ziel, möglichst viel Wissen für weiterführendes Lernen zur Verfügung zu stellen, steht im Vordergrund (ebd., 111). Es geht vielmehr darum, dass Schülerinnen und Schüler:

- *„Interesse und Freude am Nachdenken über Phänomene aus Natur und Technik empfinden und daran interessiert sind, naturwissenschaftliche und technische Fragen und Probleme zu ergründen*
- *Selbstvertrauen entwickeln, etwas herauszufinden und verstehen können*
- *Bereitschaft und Freude entwickeln, sich auf forschendes Denken einzulassen und Herausforderungen im Denken anzunehmen („science is hard fun“)*
- *Fähigkeit entwickeln, über naturwissenschaftlich-technische Fragen zu kommunizieren*
- *beginnen, ein Verständnis von Wissenschaft und wissenschaftlichem Arbeiten (nature of science) aufzubauen und entsprechende Verfahren (wie das Experimentieren) zu erlernen*

- *ein konzeptuelles Basiswissen erwerben, das sie zum Vorhersagen und Erklären von Phänomenen nutzen können“*

(Möller, 2006, 111)

Diese Zielsetzungen sind multikriterial zu verstehen, d.h. sie „verknüpfen konzeptuelle, verfahrensbezogene, metakognitive, motivationale und selbstbezogene Zielbereiche“ (ebd.). Damit orientieren sich die Ziele des Sachunterrichts stark am Kompetenzbegriff Weinerts, der die „kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ als Zielkategorien von Unterricht benennt (Weinert, 2001, 27f.). Eine Vereinbarung solch unterschiedlicher Zielbereiche gestaltet sich allerdings mitunter als sehr schwierig (vgl. Weinert & Helmke, 1998; Möller, 2006), zumal sich eine mangelnde Zielfokussierung, z.B. beim Experimentieren, auch als negativ herausstellen kann (vgl. Hart et al., 2000). Hinzu kommt, dass – wie auch schon im vorhergehenden Kapitel angedeutet – Ziele nicht ausschließlich auf einer Metaebene behandelt werden oder gar einzeln stehen sollten. Eine inhaltsleere Vermittlung des Experimentierens als Methode oder die Durchführung von Hands-on-Aktivitäten mit dem ausschließlichen Ziel, die Motivation zu fördern, würden den Erkenntnissen des domänenspezifischen Wissenserwerbs entgegen stehen (vgl. Kapitel 2.1). Auch der Perspektivrahmen der GDSU (2002; 2013), der als bundesweites Grundlagenpapier Orientierung für fast alle z. Z. vorliegenden Lehrpläne und Richtlinien bietet, sieht die Ziele naturwissenschaftlichen Unterrichts multikriterial (GDSU, 2013, 37ff.). Dabei werden zwei übergeordnete Kategorien benannt: perspektivbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und perspektivbezogene Themenbereiche. Erstere umfassen:

- *„Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen*
- *Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden*
- *Naturphänomene auf Regelhaftigkeiten zurückführen*
- *Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für das Alltagshandeln ableiten*
- *Naturwissenschaftliches Lernen bewerten und reflektieren“*

(GDSU, 2013, 39ff.)

Es zeigt sich, dass hier schon Kompetenzen auf mindestens drei sehr elaborierten Ebenen angebahnt werden sollen. Ein grundlegendes Verständnis, wie in den Naturwissenschaften gearbeitet wird, naturwissenschaftliche Erkenntnisse auf die eigene Lebenswelt zu übertragen und das eigene Lernen nicht nur allgemein zu bewerten und reflektieren, sondern konkret in Bezug auf die Naturwissenschaften. Das stellt Lehrerinnen und Lehrer ebenso wie Schülerinnen und Schüler vor besondere Herausforderungen, da nicht mehr der konzeptuelle Wissenserwerb allein im Vordergrund steht, sondern auch ein Verständnis der *Natur*

der *Naturwissenschaften und naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen* eingeschlossen wird, im anglo-amerikanischen Sprachraum *Nature of Science* und *Nature of Science Inquiry* (kurz NOS und NOS-I) genannt. Zwar gestaltet sich die Operationalisierung dieser Ziele insofern als schwierig, als dass selbst die Expertenansichten über Physik oder das Lernen von Physik vielschichtig und heterogen sein können (Priemer, 2003, 162). Andererseits ist ein grundlegendes Verständnis der NOS und NOS-I nicht nur für den Erwerb einer Scientific Literacy von Bedeutung (Höttecke, 2008, 7). Auch stehen adäquate Vorstellungen über naturwissenschaftliches Wissen im Zusammenhang mit wirksamen Lernstrategien (ebd., 8).

Scientific Literacy und NOS/NOS-I sind dabei nicht an konkrete Ziele oder Inhalte geknüpft. Auch der Perspektivrahmen sieht an dieser Stelle bewusst von der Nennung konkreter Inhalte ab. Allerdings wird auch hier verdeutlicht, dass Kompetenzen im Bereich der perspektivbezogenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen nicht ohne Inhalte aufgebaut werden können. Dabei werden zwar Themenbereiche vorgegeben, konkrete Inhalte werden jedoch nicht benannt. Die Themenbereiche für die unbelebte Natur sind dabei sehr allgemein gehalten:

- „Eigenschaften von Stoffen/ Körpern
- Stoffumwandlungen
- Physikalische Vorgänge“

(GDSU, 2013, 39ff.)

Hier stehen in der Unterrichtssituation die Lehrpersonen in der Pflicht, die Fragen und Erfahrungen der Kinder in die Gestaltung des Unterrichts einzubeziehen (vgl. GDSU, 2002, 4; GDSU, 2013). Auf konzeptioneller Ebene fällt es der Sachunterrichtsdidaktik als Wissenschaft zu, Inhalte, Methoden und die Organisation von Lernprozessen theoretisch und empirisch zu fundieren und damit u.a. den Lehrpersonen Hinweise auf eine effektive Planung und die Gestaltung von Lernumgebungen zu geben. Solange allerdings keine lückenlosen, empirisch abgesicherten Kompetenz- und Kompetenzentwicklungsmodelle vorliegen, bleibt die Festlegung von Inhalten vorerst normativ bestimmt. Es ist anzunehmen, dass dabei Traditionen und Logiken der jeweiligen Bezugsfächer eine Rolle spielen. Eine Operationalisierung im Sinne einer konkreten Formulierung von Zielkriterien ist insofern kaum möglich und aus der Perspektive bestimmter Denkströmungen vermutlich auch nicht explizit erwünscht. Daraus ergeben sich Herausforderungen für die Planungen und Strukturierungen von naturwissenschaftlichem Sachunterricht, da sie eine Vielzahl von möglichen Zielen und Lernprozessen einschließen müssen. Im Folgenden Kapitel werden unterschiedliche Vorschläge zur Strukturierung von Lernprozessen und ihre Vor- und Nachteile diskutiert.

3.3 Planung und Strukturierung (physikbezogener) Lernumgebungen im Sachunterricht

Für die Planung und Strukturierung von Sachunterricht gibt es zahlreiche Handreichungen, Ideen und Ansätze. Allerdings bleiben sie eine empirische Evaluation häufig schuldig, was eine gründliche Auswahl unabdingbar macht. Einigkeit herrscht jedoch darüber, dass eine – wie auch immer geartete – Strukturierung die Planung und Durchführung von Unterricht erleichtert und die Unterrichtsqualität verbessert:

„Durch die klare Strukturierung des Unterrichts werden die Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen gelegt.“ (Meyer, 2004, 38)

Unter Strukturierung ist im Folgenden ein gegliederter Aufbau gemeint oder allgemein ein bestimmtes Muster an Systemelementen. Der Begriff „Strukturierung“ ist damit ein Überbegriff und allgemeiner gefasst als die in diesem Zusammenhang ebenfalls genutzten Begriffe der „Stufung“, die zusätzlich eine Hierarchie in der Gliederung annimmt, und der „Sequenzierung“, die eine chronologische Abfolge impliziert.

Die didaktische Forschung zeigt, dass sich Strukturierungsmaßnahmen und eine explizite Förderung des Wissenschaftsverständnisses begünstigend auf die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum wissenschaftlichen Denken auswirken (Sodian et al. 2006; Möller et al., 2006; Möller et al., 2002; Bliss, 1996). Einen Konsens darüber, welche Strukturierungsmaßnahmen entscheidenden Einfluss auf die Unterrichtsqualität und damit auf das Lernen haben, besteht allerdings nicht. Im Folgenden wird eine Auswahl an möglichen Strukturierungen für den Sachunterricht umrissen, die nicht den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Es soll lediglich die Breite der vorliegenden Möglichkeiten aufgezeigt werden.

Allgemeine didaktische Strukturierungen

Der Wunsch nach einem Grundkonzept zur Planung von Unterricht reicht weit zurück (Kircher, Girwitz, & Häußler, 2001, 201). Schon Herbart (1776- 1841) sprach von „Stufen des Unterrichts“ (Kron, 2000, 80), welche Ziller 1876 zu einer „Theorie der formalen Stufen des Unterrichts“ weiterentwickelte (ebd.). Im Laufe der Zeit wurde diese Theorie erweitert und verändert. Eine heute oftmals genutzte Strukturierung ist z.B. bei Meyer (1990) zu finden. Er unterteilt den Unterricht in einen klassischen Dreischritt: Einstiegsphase, Erarbeitungsphase, Schlussphase (Meyer, 1990, 191; vgl. z.B. auch Straka & Macke, 2002, 210ff.).

Jank und Meyer (2002) stellen die These auf, dass sich Unterricht mit fünf strukturellen Grundkategorien vollständig beschreiben lässt:

- *als didaktisch strukturierte Aufgabe des Unterrichts (= Zielstruktur)*
- *als didaktisch strukturiertes Thema (= Inhaltsstruktur)*
- *als didaktisch strukturierte Beziehungsarbeit (= Sozialstruktur)*

- *als didaktisch strukturiertes methodisches Handeln (= Handlungsstruktur)*
- *als didaktisch strukturierte zeitliche Gliederung (= Prozessstruktur)*

(Jank & Meyer, 2002, 62)

Als didaktische Strukturierung verstehen die Autoren dabei die Planung im Hinblick auf den „methodischen Grundrhythmus des Unterrichts“ (Jank & Meyer, 2002, 328), d.h. die Einstiegsphase und die Vereinbarung eines anzustrebenden Handlungsproduktes, die Erarbeitungsphase und die Auswertungsphase. Damit erweitern sie den sogenannten „klassischen Dreischritt“ der Didaktik (vgl. z.B. Straka & Macke, 2002, 210ff.) um einen Schritt (die Vereinbarung eines Handlungsproduktes), bleiben dabei aber bei einer allgemeinen Schrittfolge, die sich als äußerst grobe Orientierung für die Unterrichtsplanung aller Fächer und Unterrichtsziele verstehen lässt.

Kiper und Mischke (2009) schlagen u.a. ein Modell vor, das zwar nicht auf eine didaktische Strukturierung fokussiert, sie jedoch mit einbindet. Sie verbinden unterschiedliche Strukturierungselemente zu einem konkreten Planungsraster. Dazu gehört u.a. die Tiefenstrukturierung, die in diesem Fall aus einem Basismodell von Oser und Kollegen (z.B. Oser & Baeriswyl, 2001) und einem dazugehörigem Schritt des jeweiligen Basismodells besteht.

Alle allgemeinen didaktischen Strukturierungen haben natürlich gemein, dass sie nicht auf spezifische fachliche Bedingungen eingehen können und sollen.

Konstruktivistische Strukturierungselemente (Scaffolding)

Möller et al. (2006, 163) nennen das *Scaffolding* als ein wichtiges Strukturierungsgerüst. Scaffolding wird oftmals als ein zentrales Element angesehen, konstruktivistische Lernumgebungen zu schaffen (Tobias & Duffy, 2009, 4). Zum Scaffolding im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht gehören nach Möller et al. folgende Strukturierungselemente:

- *„Gliederungsmaßnahmen, welche die Komplexität des Lerngegenstandes reduzieren und den Aufbau adäquater Vorstellungen erleichtern,*
- *die Auswahl geeigneter Experimente,*
- *Fokussierungshilfen, welche die Aufmerksamkeit der Schüler auf wichtige Aspekte lenken sollen,*
- *Impulse, welche Denkanstöße vermitteln,*
- *Problematisierungshilfen, welche auf ungelöste Fragen oder Widersprüche aufmerksam machen,*
- *Aufforderungen zum Mitteilen und Überprüfen von Vermutungen,*
- *Aufforderungen zum Begründen von Aussagen und zum Reflektieren von Lernwegen,*
- *Zusammenfassungen und Hervorhebungen wichtiger Schüleräußerungen und*

- *die Nutzung von advance organizern, um die Einordnung neuen Wissens in vorhandenes Wissen zu erleichtern.“*

(Möller et al., 2006, 163)

Die Autoren nehmen den Unterricht dabei eher ganzheitlich in den Blick, es wird nicht zwischen Elementen, die bei der Planung berücksichtigt werden sollten (Gliederung des Inhalts, Auswahl von Experimenten etc.) und Maßnahmen während des laufenden Unterrichts (Aufforderungen zum Mitteilen, Begründen etc.) unterschieden. Insofern werden diese Strukturierungselemente weder als Planungsgerüst, also als Schrittfolge zur Planung von Unterricht, noch ausschließlich als Qualitätskriterien verstanden.

Hier werden die Schwächen konstruktivistischer Strukturierungselemente deutlich: Zwar wird der Konstruktivismus weitgehend als eine nutzbare Lerntheorie wahrgenommen (Mayer, 2009, 185), die Eignung konstruktivistischer Perspektiven als Grundlage für Unterrichtsplanung wird jedoch, vor allem im anglo-amerikanischen Bereich, durchaus kritisch diskutiert (ebd., vgl. auch Tobias & Duffy, 2009). Eine diesbezügliche Kritik ist – etwas pauschalisiert ausgedrückt – der Mangel an Spezifität (Tobias & Duffy, 2009, S. 5). Als Folge dessen ist es äußerst schwierig, auf Grundlage eines konstruktivistischen Rahmens konkrete Unterrichtsmodelle, testbare Hypothesen oder auch nur Richtlinien für Scaffolding-Elemente zu erstellen (ebd.).

Freie und offene Lernumgebungen

International bestätigt eine Vielzahl von Studien, dass gerade Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen besonders unter einem unklaren, unstrukturierten Unterricht leiden (Helmke et al., 2007, 20). Umgekehrt profitieren Schülerinnen und Schüler mit einem hohen Vorwissen und hoher Lernmotivation unverhältnismäßig stark von einem anspruchsvollen Unterricht mit viel kognitiven Spielraum (ebd.).

Ein scheinbar häufiges Missverständnis besteht darin, Strukturierung und Offenheit als zwei gegensätzliche Enden eines Spektrums anzusehen. Dabei kann eine Lernumgebung sowohl offen als auch strukturiert sein, sofern Klarheit über die Ziele und Erwartungen herrscht. Meyer (2004) führt aus:

Freiheit und klare Strukturierung ergänzen einander. Gerade dort, wo der Lehrer seine Schüler freigibt, damit sie lernen ihre Lernprozesse selbst zu organisieren, ist Klarheit besonders wichtig [...]. Je offener der Unterricht, umso wichtiger die klare Strukturierung.

(Meyer, 2004, 39)

Demnach ist offener Unterricht nicht als willkürlich anzusehen, sondern als von den Schülerinnen und Schülern zu strukturierendes Lernangebot. Dafür scheinen vor allem zwei Vo-

raussetzungen entscheidend zu sein: erstens müssen die Schülerinnen und Schüler wissen, wie sie einen Lernprozess strukturieren können und zweitens müssen die Ziele so transparent sein, dass die Schülerinnen und Schüler ihren Lernprozess darauf auslegen können.

Allerdings zeigen sich auch in freien Lernumgebungen, also nicht von der Lehrperson strukturierter Unterricht, über größere Zeiträume hinweg positive Ergebnisse. So zeigt Köster (2006), dass sich freie Explorationen über einen Zeitraum von drei Monaten zu systematischen Erkundungen und Experimenten entwickeln. Sie unterscheidet in einem Phasenmodell zwischen vier Phasen, die sich über diesen Zeitraum bei den Schülerinnen und Schülern beobachten lassen (ebd., 187). Die Studie konzentriert sich auf eine deskriptive Ebene, inwiefern sich das FREIE EXPLORIEREN UND EXPERIMENTIEREN (ebd.) auf die Lernleistung auswirkt, bleibt offen.

Konkrete Planungs- bzw. Strukturierungsmodelle für offene Lernumgebungen, die die o.g. beiden Voraussetzungen erfüllen können, d.h. Modelle, die die Schülerinnen und Schüler bei der Strukturierung eigener Lernprozesse unterstützen, liegen kaum vor. Das kann – wie eingangs beschrieben – zu einer mangelnden Strukturierung und damit zur Benachteiligung der Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen führen.

Spezifisch physikdidaktische Strukturierungen

Es existieren etliche Strukturierungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, z.B. erfahrungsbasierte Strukturierungen, die lokal in Studienseminaren genutzt werden (Kircher, Girwitz, & Häußler, 2001, 202) sowie in der Physikdidaktik als Wissenschaft. Für viele dieser Strukturierungen stehen empirische Belege für deren Wirksamkeit bisher aus. Im Folgenden werden exemplarisch zwei Strukturierungen vorgestellt, da sie, in unterschiedlichen Kontexten, häufig rezipiert werden. Bei der Auswahl handelt es sich nicht um eine implizite Wertung.

Ein im physikdidaktischen Kontext häufig zitiertes Modell ist das von Schmidkunz und Lindemann (1992). Es ist auf sogenannten „problemlösenden Unterricht“ ausgelegt, der sich in diesem Fall speziell auf den naturwissenschaftlichen Unterricht bezieht (mathematische, ästhetische o.ä. Problemlösestrategien sind weniger gemeint). Insgesamt besteht die Strukturierung aus fünf Phasen, die jeweils wiederum aus drei Unterphasen bestehen (Tabelle 1):

Phasen	Didaktische Strukturierung
Problemgewinnung	1a: Problemgrund 1b: Problemerkfassung (Problemfindung, -stellung) 1c: Problemerkennntnis, Problemformulierung
Überlegungen zur Problemlösung	2a: Analyse des Problems 2b: Lösungsvorschläge 2c: Entscheidung für einen Lösungsvorschlag
Durchführung eines Lösungsvorschlages	3a: Planung des experimentellen Lösevorhabens 3b: Praktische Durchführung des Lösevorhabens 3c: Diskussion der Ergebnisse
Abstraktion der gewonnenen Erkenntnis	4a: Ikonische Abstraktion (grafische Darstellung) 4b: Verbale Abstraktion (Physik, Gesetz) 4c: Symbolische Abstraktion (Physik, Gesetz)
Wissenssicherung und Anwendung	5a: Anwendungsbeispiele 5b: Wiederholung (Festigung) 5c: Messung des Unterrichtserfolges

Tabelle 1: Problemlösender Unterricht nach Schmidkunz und Lindemann (1992)

Kircher, Girwitz und Häußler (2001, 203) sprechen in diesem Fall von „gelenkt entdeckendem Unterricht“, da der Unterricht wesentlich von der Lehrkraft beeinflusst wird. Wie schon deutlich wird, ist das Modell in unterschiedlicher Hinsicht sehr komplex und auf Grund seiner expliziten Physik-Spezifität nicht problemlos auf den Sachunterricht übertragbar.

Ein anderes breit rezipiertes Strukturierungsmodell für den naturwissenschaftlichen Unterricht findet vor allem, aber nicht nur, im anglo-amerikanischen Sprachraum Beachtung. Auf der Grundlage des „5E model“ von Bybee et al. (vgl. z.B. 2006) wurden bis 2006 fast 250.000 Unterrichtsplanungen entworfen (ebd., 1). Auch das Australische Grundschul-Curriculum für die Naturwissenschaften („*Primary Science Connection*“) wurde auf Grundlage des 5E-Modells entwickelt. Die fünf E stehen für *Engagement, Exploration, Explanation, Elaboration, Evaluation* (Tabelle 2):

Engagement	The teacher or a curriculum task accesses the learners' prior knowledge and helps them become engaged in a new concept through the use of short activities that promote curiosity and elicit prior knowledge. The activity should make connections between past and present learning experiences, expose prior conceptions, and organize students' thinking toward the learning outcomes of current activities.
Exploration	Exploration experiences provide students with a common base of activities within which current concepts (i.e., misconceptions), processes, and skills are identified and conceptual change is facilitated. Learners may complete lab activities that help them use prior knowledge to generate new ideas, explore questions and possibilities, and design and conduct a preliminary investigation.
Explanation	The explanation phase focuses students' attention on a particular aspect of their engagement and exploration experiences and provides opportunities to demonstrate their conceptual understanding, process skills, or behaviors. This phase also provides opportunities for teachers to directly introduce a concept, process, or skill. Learners explain their understanding of the concept. An explanation from the teacher or the curriculum may guide them toward a deeper understanding, which is a critical part of this phase.
Elaboration	Teachers challenge and extend students' conceptual understanding and skills. Through new experiences, the students develop deeper and broader understanding, more information, and adequate skills. Students apply their understanding of the concept by conducting additional activities.
Evaluation	The evaluation phase encourages students to assess their understanding and abilities and provides opportunities for teachers to evaluate student progress toward achieving the educational objectives.

Tabelle 2: Die fünf Schritte des 5E-Modells nach Bybee et al. (2006, 2)

Anders als z.B. in dem Modell von Schmidkunz und Lindemann (1992) sind die einzelnen Phasen im 5E-Modell allerdings nicht ausdifferenziert. So nimmt eine der Phasen im Normalfall ca. eine Einzel- bis Doppelstunde ein (je nach Schulsystem gibt es hier natürlich Unterschiede), eine Untergliederung z.B. in kognitive Lern- bzw. Verarbeitungsprozesse findet im Rahmen dieses Modells nicht statt. Das kann insofern eine Schwierigkeit darstellen, als dass der Lernprozess zwar auf der Ebene der Unterrichtseinheit strukturiert ist, die Strukturierung der Unterrichtsstunden allerdings weniger differenziert ausfällt.

3.4 Ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im (Sach-)Unterricht

Alle im vorangehenden Kapitel genannten Strukturierungen sind unter gewissen Bedingungen sicherlich lernförderlich. Doch welche Bedingungen das sind und was genau „lernförderlich“ in diesem Zusammenhang bedeutet, also wie die Ziele des Sachunterrichts operationalisiert und erreicht werden können, ist eine Frage der Forschung um die Unterrichtsqualität (vgl. auch Fischer et al., 2005).

Warum also zeigt Unterricht, auch wenn er auf den ersten Blick ähnlich erscheint, unterschiedliche Lernerfolge? Diese Frage lässt sich nicht pauschal beantworten. Das Modell Helmkes (2009, 73, siehe Abbildung 1) zeigt, wie viele Faktoren und Aspekte auf unterschiedlichen Ebenen eine Rolle für Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler spielen können.

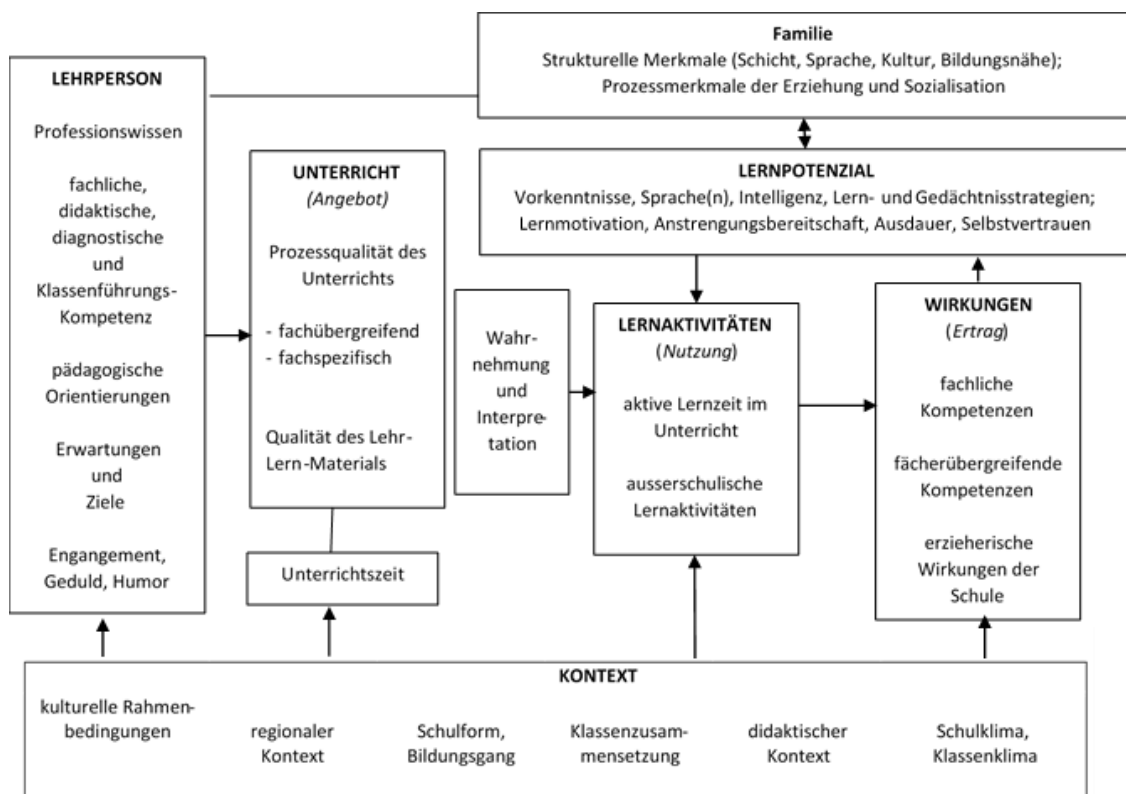


Abbildung 1: Angebot-Nutzungs-Modell des Unterrichts (Helmke, 2009, 73)

Einige der Faktoren lassen sich kaum oder gar nicht von der Lehrperson beeinflussen (z.B. der familiäre Hintergrund oder Bereiche des Lernpotenzials der Schülerinnen und Schüler). Auf andere Aspekte hat die Lehrperson direkten Einfluss. Das sind – neben den Aspekten der Lehrerpersönlichkeit und -kompetenz – vor allem Aspekte des Unterrichtsangebots, also der Instruktion, der Unterrichtsmaterialien, der Time-on-Task etc.

Fischer et al. (2005) nennen vier Aspekte, die im Zusammenhang mit Unterrichtsqualität (*Quality of Instruction*) besonders relevant für die Forschung sind: Das Schulsystem und seine Organisation, die individuellen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, die individuellen Voraussetzungen der Lehrerinnen und Lehrer sowie die Oberflächen- und Tiefenstruktur des Unterrichts. Gerade der vierte Aspekt erhält in den letzten Jahren auch verstärkt Einzug in die Forschung rund um den Grundschulunterricht. Wo bis in die späten 1990er bzw. frühen 2000er Jahre häufig noch der Fokus allein auf die Oberflächenstruktur des Unterrichts gelegt wurde (vgl. z.B. Jank & Meyer, 2002), werden heute gerade auch die kognitiven Verarbeitungsprozesse, die sogenannte Tiefenstruktur, mit in die Planung von Unterricht einbezogen (vgl. z.B. Gläser & Sothmann, 2013). Im Praxiszusammenhang viel rezipierte Allgemeinpädagogen wie z.B. Meyer (2012) und Kiper und Mischke (2009) binden die Tiefenstruktur explizit in ihre Ansätze zur Unterrichtsplanung ein. In den Richtlinien, Rahmen- und Lehrplänen teilweise beigefügten Planungshilfen (z.B. Kerncurriculum Niedersachsen für den Sachunterricht, Niedersächsisches Kultusministerium, 2006) und Handreichungen für die Gestaltung schulinterner Curricula (z.B. in Hamburg, vgl. Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, 2011, vgl. auch Gläser & Sothmann 2013, 151) wird die Tiefenstruktur allerdings noch nicht mitgedacht. Sie sind eher an den zu fördernden Kompetenzen orientiert, anhand derer *„Inhalte bestimmt und daran orientiert schließlich das Lernarrangement geplant wird“* (Gläser & Sothmann, 2013, 151f.).

Doch durch eine Analyse des direkt sichtbaren Unterrichtsgeschehens im Sinne einer Oberflächenstruktur, zu denen die konkrete methodische Gestaltung, Sozialformen, Medien etc. zählen, können Unterschiede in der Lernleistung nicht hinreichend erklärt werden (Fischer et al. 2002, 182). Es wird angenommen, dass die Tiefenstruktur, also jene Merkmale von Unterricht, derer es eine gewisse Interpretation bedarf, mindestens eine ebenso relevante Rolle zukommt (vgl. z.B. ebd., 183).

Zu dieser Tiefenstruktur zählen auf der Seite der Lehrpersonen *„die konkreten Lehrziele, die ‚Etappenziele‘ als grobes Verlaufsmuster, die methodische Gestaltung; auf der Schülerseite sind es die auf das Unterrichtsfach bezogenen, argumentativen Denkschritte, die insgesamt einen Lernweg ergeben und in spezifische Kompetenzen münden“* (ebd., 183). Es geht also um eine Aneinanderreihung von etappenhaften Lehrzielen (auf Seite der Lehrpersonen) bzw. kognitiven Prozessen (der Schülerinnen und Schüler). Oser (2013, 43) beschreibt diese Aneinanderreihungen als *Folge-Logiken*, da sie sich im Idealfall aufeinander beziehen. Alle diese Logiken, seien sie nun inklusiv, ganzheitlich oder elementhaft aneinander gebunden, hängen von den Zielen, also der entsprechenden *Lehr-Lernabsicht* ab (ebd.). Intuitiv würde man diejenigen Folge-Logiken, die sich reflektierend aufeinander beziehen und stringent auf ein Lehrziel zusteuern, als qualitativ hochwertiger im Sinne von effektiver für den Lernprozess bezeichnen als diejenigen, die einfach additiv aneinander gereiht werden und mehrere Lehrziele gleichzeitig verfolgen.

Diese intuitive Sichtweise wird von (kognitions-)psychologischen Sichtweisen schon seit über 50 Jahren geteilt: So geht z.B. schon Leontjew (1982) in den 1930er Jahren davon aus, dass jede Tätigkeit von *einem* Motiv geleitet wird und aus *mehreren* Handlungen besteht, die wiederum (Teil-)Ziele verfolgen und durch Operationen umgesetzt werden. Seit den Anfängen der Lehr-Lernforschung Mitte der 1970er Jahre wurde der Lehr-Lern-Prozess in seinem Zusammenhang in den Blick genommen. Aebli (1983) bezieht die Struktur von Lehr-Lern-Prozessen auf schulisches Lernen und beschreibt dieses als eine Kette gedanklicher Schritte. Oser et al. (1997) greifen u.a. Aebli's Theorie auf, auch wenn sie sich in den Begrifflichkeiten unterscheiden, und beziehen sie konkret auf Lernwege (Oser, Patry, Elsässer, Sarasin, & Wagner, 1997, 3).

Um Missverständnisse in den Begrifflichkeiten zu vermeiden, wird im Folgenden nicht mehr von Handlungen und Tätigkeiten gesprochen, sondern von Schritten einer Handlungskette. Diese Handlungskettenschritte (kurz HKS) werden so aneinander gereiht, dass sie ein bestimmtes, übergeordnetes Ziel intendieren. Auf das Lernen bezogen wird dadurch der Prozesscharakter deutlich: Unabhängig davon, ob der Wissenserwerb als fragmentarisch oder kohärent angesehen wird (vgl. Kapitel 2), besteht er immer aus einer Abfolge von geistigen Operationen die zu einer (Denk-)Handlung führen.

Ein weiterer Aspekt der Unterrichtsqualität, der sich hoch prädiktiv auf die Lernleistung auswirkt, ist die *Time-on-Task*, d.h. die Zeit, in der sich die Schülerinnen und Schüler tatsächlich mit dem Lerngegenstand bzw. Unterrichtsinhalt beschäftigen (Hattie, 2009, 162 und 184; Seidel & Shavelson, 2007). Die OECD bezeichnet die Unterrichtszeit als eine der wichtigsten Ressourcen für den Bildungsprozess (OECD, 2010). Der Zusammenhang zwischen der Time-on-Task und dem Lernerfolg wird als asymptotisch aufgefasst (Stender, Geller, Neumann, & Fischer, 2013, 191), d.h. zunächst steigt der Lernerfolg mit der Zunahme der aktiven Lernzeit, danach tritt eine „Sättigung“ ein (ebd.). Der Lernerfolg kann also insofern optimiert werden, dass die Schülerinnen und Schüler ausreichend Lernzeit zur Verfügung haben, das Lernangebot aber so gut strukturiert ist, dass die notwendige Lernzeit möglichst gering ist (vgl. ebd.). Insofern hängt der Aspekt der Time-on-Task unmittelbar sowohl mit der Planung als auch der Strukturierung von Unterricht zusammen (vgl. Kapitel 3.3). Es wird davon ausgegangen, dass eine hohe Strukturiertheit unterrichtlicher Lehr-Lernprozesse erreicht werden muss, um die Unterrichtszeit optimal zu nutzen (Stender et al., 2013).

3.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die vorliegende Arbeit

Die Ziele naturwissenschaftlichen Sachunterrichts sind multikriterial und vielfältig und reichen von pädagogischen Zielen über psychologische, didaktische, fachliche bis hin zu wis-

senschaftstheoretischen. Trotzdem sollten nicht zu viele Ziele gleichzeitig angestrebt werden. Konkrete Inhalte werden im Grundlagenpapier des Sachunterrichts, dem Perspektivrahmen der GDSU, nicht vorgegeben. Eine didaktische Strukturierung setzt also einerseits voraus, spezifisch auf naturwissenschaftliche Inhalte anwendbar, andererseits nicht inhaltsabhängig zu sein. Es liegen zahlreiche Strukturierungsvorschläge vor, die sich allerdings für die Planung physikbezogenen Sachunterrichts teilweise als problematisch herausstellen. Konstruktivistische und allgemein didaktische Strukturierungen sind häufig recht unspezifisch und damit weniger für die konkrete Unterrichtsplanung geeignet. Zudem werden fachspezifische Perspektiven, wie z.B. die wissenschaftstheoretische, nicht beachtet. Auf naturwissenschaftlichen Fachunterricht ausgelegte Strukturierungen stellen sich für den Sachunterricht als zu komplex heraus und/oder erfordern einen entsprechenden Fachhintergrund bei den Lehrkräften.

Eine vielversprechende Möglichkeit zur Strukturierung von Sachunterricht scheint die Strukturierung auf der Ebene von kognitiven Verarbeitungsprozessen, also auf Tiefenstrukturebene zu sein. Diese kann sich entscheidend auf die Unterrichtsqualität und damit für den Lernzuwachs auswirken und ist z.B. in dem allgemeindidaktischen Planungsmodell von Kiper und Mischke (2009) integriert. Es wird davon ausgegangen, dass eine angemessene Strukturierung sich positiv auf die Time-on-Task auswirkt, also eine optimale Nutzung der Unterrichtszeit ermöglicht.

Im Kontext dieser Arbeit stellt sich die Frage, wie die Beachtung der Tiefenstruktur konkret für den physikbezogenen Sachunterricht aussehen kann. Oser und andere (Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995; Oser & Baeriswyl, 2001; Oser et al., 2013) haben auf Grundlage vorliegender Lerntheorien eine Theorie entwickelt, in der Tiefenstrukturierungen operationalisiert werden. Auf diese Theorie wird im folgenden Kapitel eingegangen.

„Nun gibt es neben der Sichtstruktur aber auch noch eine andere Ebene, nämlich diejenige der inneren Prozesse des Lernens, der sogenannten Operationen. Die Lernpsychologie der letzten Jahrzehnte hat sich sehr intensiv mit diesen Operationen beschäftigt. Was dabei aber wenig zur Geltung kam, ist deren Reihenfolge.“

Oser & Sarasin (1995)

4 Basismodelle als Planungsgrundlage zur Tiefenstrukturierung

Unterricht – unabhängig wie chaotisch er uns erscheinen mag – liegt *immer* eine Tiefenstruktur zu Grunde. Dabei ist die Frage entscheidend, inwiefern diese Tiefenstruktur bewusst beachtet und auf das jeweilige Ziel abgestimmt wird. Wie im Kapitel 3.4 beschrieben, wird davon ausgegangen, dass die Tiefenstrukturierung ein entscheidendes Kriterium der Unterrichtsqualität darstellt. Doch wie soll diese Tiefenstrukturierung genau aufgebaut sein (Kapitel 4.1)? Und worauf kommt es bei der Umsetzung an (Kapitel 4.1.2)? Diesen Fragen wird in den folgenden Kapiteln nachgegangen. Zudem werden kritische Aspekte zur Basismodell-Theorie umrissen (Kapitel 4.2).

4.1 Grundlagen der Basismodell-Theorie: Lernprozessorientierung

Es wird davon ausgegangen, dass je nach Ziel unterschiedliche Handlungskettenschritte ausgewählt werden, die eine Sequenzierung bilden. Im unterrichtlichen Kontext bedeutet das, dass bei der Planung vom Ziel aus gedacht wird: zuerst wird die Lehr-Lern-Absicht bestimmt und ggf. präzisiert, um darauf basierend die notwendigen Handlungskettenschritte (kurz HKS) zu bestimmen. Da sich dabei an den kognitiven und mentalen Prozessen der Lernenden orientiert wird, wird auch von einer *Lernprozessorientierung* gesprochen.

Die HKS eines Lernprozesses unterscheiden sich zwar je nach Lehr-Lern-Absicht, sind aber keineswegs willkürlich. Oser und Kollegen gehen davon aus, dass Ziele bzw. Lehr-Lern-Absichten dabei auf einer Metaebene kategorisierbar bzw. typisierbar sind (vgl. Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995; Oser & Baeriswyl, 2001; Oser et al., 2013). So ein Zieltyp kann z.B. der Erwerb von Erfahrungswissen sein oder auch das Verstehen eines Konzepts (Oser & Baeriswyl, 2001, 1046). Derselbe Zieltyp besteht jedes Mal aus den gleichen HKS, unabhängig vom jeweiligen Kontext. Diese Zieltypen zusammen mit den jeweiligen HKS

bilden ein Basismodell. Welche HKS erforderlich sind, wird basierend auf psychologischen Grundagentheorien angenommen (ebd.). Insgesamt werden zwölf Modelle vorgestellt, aus denen je nach Lehr-Lern-Absicht ausgewählt werden kann.

Eine ausführliche Darstellung der Basismodelle und dazugehörigen Theorien kann bei Oser und Patry (1990), Oser und Sarasin (1995) und Oser und Baeriswyl (2001) nachgelesen werden. Im Folgenden werden die für diese Arbeit relevanten Voraussetzungen und Modelle erläutert.

4.1.1 Das Verhältnis zwischen Sichtstruktur und Tiefenstruktur

Je nachdem, welches Ziel genau verfolgt wird, wird auf der Ebene der Tiefenstruktur das jeweilige Basismodell gewählt. Bei der Tiefenstruktur handelt es sich, wie schon beschreiben, um die kognitive Strukturierung bzw. die Strukturierung mentaler Prozesse, die je nach Lehrintention bzw. Lerngegenstand unterschiedlich aussehen kann. Die Sichtstruktur, auch Oberflächenstruktur genannt, beschreibt jene Merkmale des Unterrichts, die keiner Interpretation bedürfen bzw. offen sichtbar sind (z.B. Sozialform, Lehrmethode, Lernmethode usw.). Oser und Baeriswyl (2001, 1041) bezeichnen die Sichtstruktur als „hoch situativ oder situationsbezogen“ wohingegen die Tiefenstruktur „höchst linear und generalisierbar“ ist (Übersetzungen der Autorin). Auch wenn die Tiefenstruktur abstrakter ist als die Sichtstruktur, so hat sie doch einen definitiven, unveränderbaren Charakter (ebd.). Die Gestaltung der Basismodelle geschieht nach Oser und Kollegen (Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995 und Oser & Baeriswyl, 2001) *mittels* der Sichtstrukturen. Damit sind „Sichtstrukturen [...] gleichsam der Ausdruck der Tiefenstrukturen“ (Oser & Sarasin, 1995). Oser et al. (Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995 und Oser & Baeriswyl, 2001) wählen die Analogie der „Choreografien des Lernens“, bei denen der Tänzer, bzw. hier die Lehrperson, einerseits den Raum frei ausgestaltet, seine Anschauung und sein Temperament frei auslebt aber andererseits an die Metrik des Stückes gebunden ist, die der Komponist vorgibt oder in diesem Fall von der festen Abfolge der Operationen vorgegeben wird (ebd.). Ein mehr oder weniger vollständiges Bild einer Tiefenstrukturierungs-Sequenz kann damit nur indirekt entstehen, indem eine geschulte Person sie über die Sichtstruktur, die sozusagen als „Träger“ fungiert, interpretiert (Oser & Baeriswyl, 2001, 1045).

Die Wahl der Tiefenstrukturierung bzw. des Basismodells gibt also keine Sichtstrukturen vor. Dennoch bedingt sie die methodischen Möglichkeiten und führt zu einer methodischen Vielfalt, die im Rahmen dieser Arbeit explizit verstanden wird als eine Vielfalt an unterschiedlichen experimentellen Arbeitsweisen (vgl. Kapitel 5.3). Außerdem bedingt die Wahl des Basismodells die Möglichkeiten der Öffnung verschiedener Unterrichtsphasen. Es wird davon ausgegangen, dass nicht jeder HKS jedes Basismodells einen beliebigen Offenheitsgrad zulässt. Vielmehr bedingt die Wahl des Basismodells und damit der jeweiligen HKS die Möglichkeiten einer Öffnung im Sinne einer Schüler- oder Lehrerenergie. Ein Vor-

schlag zur Strukturierung ausgewählter Aspekte der Sichtstruktur befindet sich im Anhang (0), allerdings liegen noch keine empirischen Studien zum konkreten Verhältnis von Sicht- und Tiefenstrukturen bzw. der Effektivität der Strukturierungsalternativen auf der Ebene der Sichtstruktur vor.

4.1.2 Aspekte der Durchführung der HKS eines Basismodells

Jedes Basismodell schließt eine Reihe von Operationen ein, hier Handlungskettenschritte (HKS) genannt. Wie schon in Kapitel 3.4 ausgeführt, ist diese Idee nicht neu. In der Didaktik wird häufig Bezug genommen auf Aebli (z.B. 1983, vgl. auch Oser & Sarasin, 1995), der sich vor allem mit den Operationen im Einzelnen beschäftigt, nicht aber mit der Sequenzierung von Unterricht als eine Abfolge dieser einzelnen Operationen (ebd.). Oser und Sarasin (1995) kritisieren in diesem Zusammenhang, dass nicht in den Blick genommen wird, welche Gesetzmäßigkeiten zu Grunde liegen. Es scheint intuitiv einleuchtend, dass nicht beliebige HKS oder Operationen in beliebiger Reihenfolge aneinander gereiht werden können. Aber was verbindet die einzelnen Operationen eines Basismodells miteinander? Die Aspekte, die Oser und Kollegen (Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995 und Oser & Baeriswyl, 2001) bei der Implementation bzw. Durchführung der Basismodelle als relevant benennen, lassen sich in drei Kriterien zusammenfassen:

1. Die Zielorientierung

Die Logik der aufeinander folgenden HKS wird durch die jeweiligen Lernzieltypen vorgegeben. Oser und Baeriswyl (2001, 1045) nennen diesen Aspekt „the teleological determination of the type of goal“. Gemeint ist damit das übergeordnete Ziel, das durch die Abfolge der HKS erreicht werden soll und welches die Sequenzierung der HKS bestimmt. Eine spezifische Abfolge von HKS dient also einem Typus von Lernziel, es kann kein anderes Ziel mit dieser Abfolge erreicht werden. Deshalb bleibt dieser Lernzieltyp während des Lernprozesses konstant und unveränderbar. So kann beispielsweise der physikalische Begriff „Dichte“ nicht im Rahmen des Lernziel-Typus „trial and error learning“ erlernt werden. Vielmehr muss ein Konzept gebildet werden, das vernetztes Wissen schafft (Lernziel-Typus „concept building: constructing a knowledge network“). Während der gesamten Durchführung eines Basismodells wird also auf ein Lernziel und damit auf ein Basismodell fokussiert.

Zwar ist es unter bestimmten Bedingungen möglich, ein Basismodell in ein anderes zu integrieren (Oser & Baeriswyl, 2001, 1049f.), allerdings nur, wenn die Kombination zweier Basismodelle das Lernen erleichtert. Dabei bleibt die Abfolge der HKS des integrierten Basismodells dieselbe, es kann also auch in diesem Fall nicht willkürlich gesprungen werden. Im Rahmen dieser Studie wurde sich explizit gegen eine solche Kom-

bination von Basismodellen entschieden, da damit die Lernprozesse auch insgesamt komplexer werden. In der Grundschule muss abgewogen werden, inwiefern eine erhöhte Komplexität tatsächlich Lernen erleichtert oder ob zwei nacheinander durchgeführte Basismodelle nicht doch eine größere Transparenz und Klarheit des Lernprozesses gewährleisten.

2. Die Vollständigkeit

Jedes Basismodell besteht aus einer Aneinanderreihung von HKS (oder Gruppen von HKS). Jede einzelne dieser HKS ist relevant und notwendig für den Lernprozess jedes Lernenden und kann nicht durch einen anderen Schritt ersetzt werden (Oser & Baeriswyl, 2001, 1043). Es ist möglich, dass ein HKS in der Basismodell-Sequenz weniger ausdifferenziert ist als andere, aber er kann nicht ausgelassen werden (ebd., 1045). Inwiefern ein Basismodell vollständig ist, d.h. wie viele und welche HKS es enthält, wird – wie bei der Reihenfolge auch – bestimmt durch die Lernpsychologie und deren Regelmäßigkeiten sowie durch das Ziel, welches mit dem Basismodell verfolgt wird.

3. Die Reihenfolge

Die für einen Lernprozess relevanten HKS können nicht in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden, sondern müssen bestimmten Gesetzmäßigkeiten folgen. Der Aspekt der Reihenfolge der einzelnen Operationen bzw. HKS ist nach Oser und Kollegen (vgl. Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995 und Oser & Baeriswyl, 2001) entscheidend, wenn es um schulisches Lernen geht. Die von Oser et al. (ebd.) gewählte und als sinnvoll erachtete Reihenfolge der HKS in den einzelnen Basismodellen wurde auf der Grundlage von lernpsychologischen Erkenntnissen erstellt. Dabei ist entscheidend, dass sich die HKS immer wieder auf die vorangegangenen HKS beziehen, oder wie Oser und Baeriswyl (2001, 1045) es ausdrücken, „a reference of successive elements to their predecessors“ gewährleistet wird.

Nur indirekt geht aus den Artikeln zur Basismodell-Theorie ein weiterer, bezüglich der Reihenfolge relevanter Aspekt hervor: Die Reihenfolge der HKS ist zwar festgelegt, es kann aber immer wieder auf einen vorherigen HKS zurückgegriffen werden. Bei bestimmten Basismodellen ist dies sogar explizit gewollt, so z.B. beim Basismodell KONZEPTBILDEN, bei dem immer wieder auf den zuvor durchgearbeiteten Prototypen (HKS 2) zurückgegriffen wird, um Abgrenzungen vorzunehmen (HKS 3), Gelerntes anzuwenden (HKS 4) oder auf andere Kontexte zu übertragen (HKS 5). Dafür kann der Prototyp durchaus auch noch einmal wiederholt werden, sodass der HKS 2 auch zwischen HKS 4 und 5 noch einmal aufgegriffen werden kann, ohne die von Oser et al. intendierte Reihenfolge zu konsternieren.

Oser und Sarasin (1995) geben zu bedenken, dass in der (europäischen) Lehr-Lerntradition die feste Abfolge von Schritten oder Sequenzierungen häufig negativ besetzt ist. Entweder wird die Sequenzierung ganz abgelehnt oder auf die Aufteilung eines bestimmten Lehrstoffes beschränkt (ebd.). Das negative Verhältnis zu Sequenzierungen hat zur Folge, dass Lehrerinnen und Lehrer Sequenzierungen einerseits tabuisieren, andererseits aber trotzdem unbewusst gewisse Sequenzierungen vornehmen (ebd.). Das kann insofern problematisch sein, als dass die unbewusst vorgenommenen Sequenzierungen nicht reflektiert und damit auch nicht lernwirksam optimiert werden können.

4.2 Kritische Aspekte zur Basismodell-Theorie

Selbstverständlich gibt es, wie bei den meisten Theorien, auch kritische Aspekte zu beachten, die hier überblicksartig dargestellt werden.

Eine weniger inhaltliche, sondern eher sprachlich-rhetorische Kritik bezieht sich auf die inkonsistente Nutzung bzw. Besetzung bestimmter Begriffe (vgl. auch Reyer, 2004). Daraus folgt auch eine inhaltliche Inkonsistenz bzw. eine Inkonsistenz auf der Ebene der Argumentation, vor allem der früheren Artikel (vgl. Oser & Patry, 1990 sowie Oser & Sarasin, 1995). Zudem werden die Basismodelle nicht immer ganz transparent auf lernpsychologische Regelmäßigkeiten zurückgeführt, auch wenn dies nach Oser und Kollegen (vgl. Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995 und Oser & Baeriswyl, 2001) eines der Hauptkriterien bei der Entwicklung der Basismodelle darstellte. Hier wären weitere Überarbeitungen wünschenswert.

Eine andere, für die Didaktik relevantere Ebene der Kritik, ist die Ebene der Wirksamkeit der Basismodelle. Obwohl inzwischen etliche empirische Studien zu den Basismodellen durchgeführt wurden (z.B. Reyer, 2004; Wackermann, 2007; Ohle, 2010; Geller, 2015), kann noch keine Kausalbeziehung zwischen einem basismodell-konformen Unterrichtsangebots und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler hergestellt werden. Insofern lässt sich eine Lernwirksamkeit der Basismodelle bis heute nicht eindeutig empirisch belegen (vgl. dazu auch Kapitel 6.6).

Ein weiterer häufiger Kritikpunkt ist die im vorherigen Kapitel schon benannte und von Oser und Sarasin (1995) bereits angesprochene negative Konnotation fixer Strukturierungen. Zwar gibt es keine empirischen Belege für einen negativen Einfluss auf das Empfinden von Autonomie und Selbstbestimmung bei Lehrerinnen und Lehrern, dennoch wird dieser Aspekt durch die deutsche Lehr-Lern-Tradition stark beeinflusst. In Praxiszusammenhängen wird zudem kritisiert, dass die Lehrerinnen und Lehrer mit der Auswahl des geeigneten Basismodells überfordert werden könnten. Diese Behauptung wird durch empirische Studien zu Lehrerfortbildungen nicht gestützt (z. B. Zander et al., 2015). Allerdings wird in den Fortbildungen auch eine fachspezifische Vorauswahl der Basismodelle getroffen. Insofern

wäre eine fachspezifische Auswahl und Operationalisierung der jeweiligen Basismodelle wünschenswert, wie sie z. B. für den Physikunterricht teilweise bereits vorliegt.

4.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die vorliegende Arbeit

Eine Lernprozessorientierung im Sinne Osers scheint eine Möglichkeit der lernwirksamen Beachtung der Tiefenstrukturebene zu bilden. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die Orientierung an den Basismodellen auf konzeptioneller Ebene sinnvoll mit den im Sachunterricht etablierten Methoden und Vorgehensweisen kombiniert werden kann. Da die Ziele des physikbezogenen Sachunterrichts eng mit verfahrensorientierten Arbeitsweisen verknüpft sind, wird im folgenden Kapitel auf eines der entscheidenden Verfahren des naturwissenschaftlichen Unterrichts eingegangen, das Experimentieren. Zunächst wird das Experimentieren im didaktischen Kontext beleuchtet, um dann zu diskutieren, inwiefern eine Orientierung an den Basismodellen beim Experimentieren im Sachunterricht theoretisch sinnvoll sein kann.

„Teachers need knowledge, skills and resources that enable them to teach effectively in practical learning environments. They need to be able to enable students to interact intellectually as well as physically, involving hands-on investigations and minds-on reflection.”

Hofstein & Lunetta (2004, 49)

5 Experimentieren im physikbezogenen Sachunterricht

Dass Schülerinnen und Schüler Experimente durchführen oder dass anhand von Experimenten oder Versuchen Inhalte oder Konzepte verdeutlicht werden, gilt weithin als Qualitätsmerkmal physikbezogenen Sachunterrichts (vgl. z.B. Hartinger, 2003, 68); dementsprechend stellt das Experimentieren eine der bevorzugten Methoden im physikbezogenen Sachunterricht dar (vgl. z.B. Wodzinski, 2008). Welche Vorteile kann eine explizite Beachtung der Tiefenstruktur in Bezug auf das Experimentieren überhaupt einbringen und inwiefern ist es für die Planung und Durchführung von Experimenten sinnvoll, sich an den Basismodellen zu orientieren? Um diese Frage zu erörtern, muss zunächst einmal der Begriff des Experimentierens geklärt werden, da er in der Didaktik äußerst vielschichtig diskutiert wird (Kapitel 5.1). Da die Basismodelle am jeweiligen Lehr-Lernziel orientiert sind (vgl. Kapitel 4), wird darauf folgend beschrieben, welche vielfältigen Ziele mit dem Experimentieren verfolgt werden (Kapitel 5.2) und wie diesbezügliche Lernumgebungen gestaltet (Kapitel 5.3) und in der Sachunterrichtspraxis umgesetzt werden (Kapitel 5.4). Da gerade im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens Gender-Aspekte auch immer eine Rolle spielen, wird auf diesbezügliche empirische Erkenntnisse im Kapitel 5.5 eingegangen, bevor abschließend Schlussfolgerungen für die vorliegende Arbeit gezogen werden (Kapitel 5.6).

5.1 Arbeitsdefinition des Experimentierens im Sachunterricht

Es wird beim Experimentieren – je nach Literatur – zwischen unterschiedlichen Aktivitäten unterschieden. So wird z.B. von Explorieren, Laborieren, Untersuchen, Experimentieren etc. gesprochen (vgl. z.B. Beck & Claussen, 2000). Dabei steht Explorieren für ein eher offenes, entdeckendes Vorgehen, Untersuchen und Laborieren für ein eher angeleitetes, evtl. reproduzierendes Durchführen, Experimentieren wird häufig mit hypothesengeleitetem, kontrolliertem Erforschen gleichgesetzt. Diese Unterscheidung ist durchaus sinnvoll, da darüber

u.a. die unterschiedlichen Zielsetzungen voneinander abgegrenzt werden können. Da diese Terminologie – vor allem in der Unterrichtspraxis – jedoch selten konsequent und transparent angewendet wird, wird im Folgenden der Begriff Experimentieren als Oberbegriff für naturwissenschaftlich ausgerichtete Hands-on-Aktivitäten verwendet.

Es kann zwischen einer naturwissenschaftlich-methodischen und einer didaktischen Perspektive auf das Experimentieren unterschieden werden. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass es sich bei Letzterem um eine didaktische Inszenierung handelt, mit dem übergeordneten Ziel, den Schülerinnen und Schülern einen lernförderlichen Einblick in ausgewählte naturwissenschaftliche Inhalte, Konzepte und Verfahren zu gewähren.

Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen eindeutig zu beschreiben oder zu klassifizieren, ist problematisch (Braun & Backhaus, 2010, vgl. z.B. auch Emden, 2011, 17; Hartinger, 2003, 68; Wodzinski, 2008, 124). Eine wissenschaftsphilosophische Diskussion über eine allgemeingültige Definition wird, wie in der Mehrzahl der einschlägigen Literatur (Emden, 2011, 17), in dieser Arbeit bewusst nicht vorgenommen (vgl. z.B. auch Hodson, 1993; Hofstein & Lunetta, 2004). Im Folgenden wird auf die didaktische Perspektive des Experimentierens fokussiert, da hier vom sachunterrichtlichen Kontext ausgegangen wird.

Angelehnt an die bisherigen Ausführungen wird das Experimentieren hier allgemein als die *handelnde und denkende* Auseinandersetzung „mit einer Experimentalanordnung [verstanden], die [die experimentierende Person] so entworfen hat, daß sie [ihr] Wissen zu produzieren erlaubt, das [sie] noch nicht hat“ (Rheinberger 2006, 24), schließt also explorative und technisch-optimierende Vorgehensweisen ein. Explorationen mit dem Ziel spontaner, assoziativer Erfahrungserweiterung treten z.B. in verschiedenen Phasen sowohl des wissenschaftlichen als auch des schulischen Experimentierens auf, wenn es um die Erschließung unbekannter Phänomene geht. Sie sind jedoch nicht oder nur bedingt Indikator für niedrig-komplexe Experimentierverständnisse. Allerdings kann das Experiment nicht auf die Phase der Durchführung von Hands-on-Aktivitäten begrenzt werden; es erfordert ebenso eine kognitive Auseinandersetzung. Emden (2011, 17f.) findet in seiner Meta-Analyse von zehn didaktischen Strukturierungsvorschlägen – trotz unterschiedlicher Bezeichnungen – neben einer Durchführungsphase immer auch eine vorgestellte Phase der Ideenfindung sowie eine Auswertungsphase, die sich explizit auf die vorherigen Phasen bezieht.

Vor allem, wenn es um die Frage der Effektivität des Experimentierens im Unterricht geht, reicht eine bloße Fokussierung auf die Hands-on-Phasen nicht aus. Abrahams und Millar (2008, 1949) unterscheiden zwischen zwei Ebenen der Effektivität:

1. Dem *doing level*, d.h. inwiefern die Schülerinnen und Schüler sich in gewünschter Weise mit dem Material auseinandersetzen (Domäne der realen Objekte und beobachtbaren Dinge) und in der Auseinandersetzung die gewünschten Ideen einfließen lassen (Domäne der Idee).

2. Dem *learning level*, d.h. das Level, auf dem die Schülerinnen und Schüler sich im Nachhinein ins Gedächtnis rufen können, wie sie mit dem Material umgegangen sind, was sie beobachtet haben und welches die entscheidenden Besonderheiten der Daten waren, die sie gesammelt haben (Domäne der realen Objekte und beobachtbaren Dinge). Auf der Ebene der Domäne der Ideen geht es hier um das Level, auf dem die Schülerinnen und Schüler die Ideen, die dem Experiment zu Grunde lagen, auch im Nachhinein noch verstehen können.

Effectiveness	Domain of observables	Domain of ideas
A practical task is effective at Level 1 (the 'doing' level) if the students do with the objects and materials provided what the teacher intended them to do, and generate the kind of data the teacher intended	... whilst carrying out the task, the students think about their actions and observations using the ideas that the teacher intended them to use.
A practical task is effective at Level 2 (the 'learning' level) if the students can later recall things they did with objects or materials, or observed when carrying out the task, and key features of the data they collected.	... the students can later show understanding of the ideas the task was designed to help them learn.

Tabelle 3: Analytical framework for considering the effectiveness of a practical task (Abrahams & Millar, 2008, 1949)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Experimentieren nicht mit einer handelnden Auseinandersetzung endet, sondern immer auch reflektierende Elemente mit zum Prozess gehören. Ob es sich dabei um die Reflexion des Vorgehens oder des Inhalts handelt, hängt vom jeweiligen Lernziel ab. Die möglichen Lernziele und damit verbundenen Probleme werden im nächsten Kapitel näher erläutert.

5.2 Ziele und Probleme beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht

Abrahams und Millar (2008, 1945) beschreiben das Experimentieren¹ als das charakteristische Merkmal, das den naturwissenschaftlichen Unterricht von anderem Unterricht unterscheidet. Dem Experimentieren im Unterricht werden „im allgemeinen pädagogische, psychologische, wissenschafts- und erkenntnistheoretische sowie fachliche“ Funktionen zugeschrieben (Reinhold, 1996, 15). Es ist zu beobachten, dass sich die Rolle des Experimentierens im Zuge der Diskussionen um *Scientific Literacy* und *Inquiry* sowie der *Nature of Science*-Aspekte erweitert hat (vgl. z.B. Wodziski, 2010, 153). Neben dem Aufbau von Fachwissen und der Veranschaulichung von Phänomenen, Konzepten und Zusammenhängen treten heute insbesondere drei übergeordnete Ziele in den Vordergrund: die Förderung des Wissenschaftsverständnisses, des wissenschaftlichen Denkens und Argumentierens sowie praktischer experimenteller Fähigkeiten und Fertigkeiten (vgl. z.B. Trendel & Fischer, 2007; Wodzinski, 2008).

Einen etwas detaillierteren Blick auf die Ziele des Experimentierens im Unterricht werfen Millar, Tiberghien und Le Maréchal (2003). Sie benennen als das fundamentale Ziel einer jeden Aufgabe zum Experimentieren² die Verknüpfung zwischen zwei Domänen: der Domäne der realen Objekte und beobachtbaren Dinge und der Domäne der Ideen (Abbildung 2).

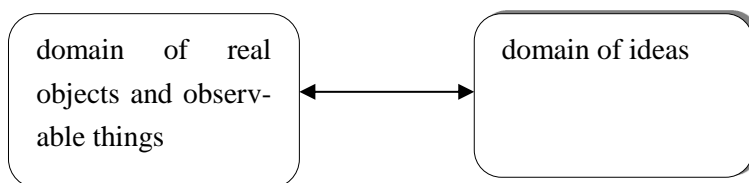


Abbildung 2: *The fundamental purpose of labwork: to help students make links between two domains* (Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2003, 9)

Nach diesem Verständnis wäre das explorative Experimentieren eine Methode, die eher von dem Bereich der realen Objekte und beobachtbaren Dinge aus zum Bereich der Ideen führt, beim hypothesenprüfenden Experiment wäre dies z.B. umgekehrt.

Dennoch ist bis heute kaum bzw. nur in Teilbereichen empirisch belegt, inwiefern Experimentieren im Unterricht den hohen Erwartungen überhaupt gerecht wird und tatsächlich die einzelnen Facetten des naturbezogenen und -wissenschaftlichen Lernens fördern kann

¹ Die Autoren benutzen allerdings den Begriff „practical work to enhance students’ knowledge and understanding, either of the natural world or of the processes and practices of scientific enquiry“ (Abrahams & Millar, 2008, 1947)

² Die Autoren benutzen den Begriff „labwork task“ (Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2003, 9)

(vgl. z.B. Hart, Mulhall, Berry et al., 2000; Hodson, 1993; Hofstein & Lunetta, 2004; Muckenfuß, 2010). Möller (2006, 111) weist darauf hin, dass die für den Kindergarten und die Grundschule vorliegenden Materialien zum Experimentieren (z.B. Experimentierkarten) nicht immer zu einem adäquaten Wissen über Inhalte und Arbeitsweisen führen. Eines der Probleme besteht sicherlich darin, dass gerade auch im physikbezogenen Sachunterricht unklare Begrifflichkeiten und Verständnisse des Experimentierens teilweise zu Problemen der Unterrichtsgestaltung führen, z.B. zu unpräzisen oder auch unrealistischen Zielvorstellungen (vgl. Hartinger, 2003, 68; Wodzinski, 2008, 124). Wenn eine Experimentierumgebung auf die bloße „Freude am Hantieren mit Gegenständen“ (Möller, 2006, 111) ausgelegt ist, kann wohl kaum ein reflektiertes konzeptuelles Wissen oder Wissen um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen erlernt werden (ebd.). Ist das Ziel jedoch, erste Erfahrungen mit einem Phänomen zu sammeln, ist ein komplexer Problemlöseprozess kaum die geeignete Methode, dieses Ziel umzusetzen. Muckenfuß betont, dass sich *„fachlich und pädagogisch unterschiedliche Zielsetzungen des Experimentierens [...] in der didaktischen Verortung und Gestaltung des Experiments spiegeln [müssen], damit sie zum Tragen kommen.“* (Muckenfuß, 2010, 20)

Bei der Entscheidung über die Ziele und Gestaltung der jeweiligen Lernumgebung zum Experimentieren ist ein relevanter Faktor, dass Schülerinnen und Schüler nicht nur aus Sicht der Unterrichtsqualitätsforschung (vgl. Kapitel 3.4) Strukturierungen und Zielsetzungen benötigen, um ihr Experimentierverständnis zu erweitern bzw. ausdifferenzieren. In einer Studie zum Experimentierverständnis von Zweitklässlerinnen und Zweitklässlern konnte festgestellt werden, dass ein niedrigkomplexes Verständnis von Kindern zu wissenschaftlicher Laborarbeit bzw. Experimentieren darin besteht, Experimentieren als geschickte Tüftel- und Probierhandlungen zu begreifen, durch die erwartete oder erwünschte Effekte erzielt werden oder die zu zufälligen Entdeckungen führen (Murmann, 2007, 85). Die Kinder thematisierten Spannung („ungewisser Ausgang“), Interessantheit, Spaß und Freude am Tun sowie die Schaffung von „Neuem“ (ebd., 86). Erkenntnismotive bzw. das Streben nach Problemlösungen wurden selten thematisiert („etwas herausfinden“, „herausfinden, ob es klappt“), Fragestellungen als Anlass für Experimente spielten in den Augen der Kinder als Motive eine untergeordnete Rolle (ebd.). Um den Schülerinnen und Schülern also das Experimentieren als Methode zur Erkenntnisgewinnung nahe zu bringen, benötigen sie Lerngelegenheiten, die eben diese Perspektive aufzeigen. Um andere Experimentierverständnisse weiter ausdifferenzieren und systematische Strategien, z.B. zum Problemlösen, bereitzustellen, sollten auch andere Experimentierweisen nicht vernachlässigt werden.

Da das Experimentieren hier im Kontext von Lernprozessen verstanden wird, wäre es optimal, den Anfangs- und Endzustand dieser Lernprozesse definieren zu können. Aber auch hier liegen bis heute kaum empirische Daten vor, die solche Zustandskategorien in Bezug auf Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter differenziert beschreiben. Hammann (2004) entwickelt in seiner Studie ein anspruchsvolles, prozessorientiertes Kompetenzent-

wicklungsmodell und zeigt dessen Relevanz für die Unterrichtspraxis und fachdidaktische Forschung auf. Hammanns Modell fokussiert allerdings auf die fortgeschrittenen Kompetenzen beim Experimentieren, beinhaltet also keine Beschreibung vorhandener Fähigkeiten und Kompetenzen von Grundschulkindern, sondern belässt es diesbezüglich bei einer Defizitbeschreibung (vgl. ebd.). Allerdings bestehen für ihn in Anlehnung an Klahr (2000) wesentliche Strukturen der Kompetenz des Experimentierens in der systematischen Suche und Revision von Hypothesen, Planung von Experimenten und Analyse von Daten (Hammann, 2004, S. 198). Rehm (2006, 26) merkt hierzu an, dass die Eingrenzung des Experimentierens auf die drei genannten Tätigkeiten nicht ausreichend sei, um den komplexen Prozess des Experimentierens zu entfalten. Insofern ist Hammanns Modell als eine Grundlage zu verstehen, welche in Bezug auf verschiedene Altersstufen und weitere Kompetenzen zum Experimentieren weiter ausgebaut werden sollte.

5.3 Fachdidaktisch-konzeptionelle Lernumgebungen zum Experimentieren in der (Grund-)Schule

Da, wie in den vorangehenden Kapiteln beschrieben, noch kein empirisch fundiertes Kompetenzentwicklungsmodell vorliegt, auf dessen Grundlage Lernumgebungen zum Experimentieren in der Grundschule entwickelt werden können, liegt es nahe, sich erst einmal auf bereits vorliegende, normative Ansätze zu stützen. Denn Normen haben, auch bei Diskrepanzen zu den tatsächlichen Fähigkeiten der Lernenden, zunächst einmal eine wichtige Orientierungsfunktion (vgl. z.B. Schecker & Parchmann 2006, 48).

Grygier und Hartinger (2009, 15) unterscheiden Lernumgebungen zum Experimentieren in vier Kategorien (Tabelle 4):

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuche durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

Tabelle 4: Mögliche Unterteilung von experimentellen Arbeitsweisen (Grygier & Hartinger, 2009, 15)

Allerdings sind diese Kategorien kritisch zu hinterfragen, z.B. ist beim Explorieren sehr wohl anzunehmen, dass eine bestimmte Fragestellung vorhanden ist, sie wird nur nicht expliziert bzw. bezieht sich auf Effekte, Kausalbeziehungen o.ä.

Etwas differenzierter und eher für die Unterteilung des Experimentierens geeignet scheint Domins Vorschlag einer weiteren Spalte Ziel/Ergebnis (Domin, 1999). Im Rahmen dieser Arbeit wird die folgende Orientierung nach Offenheitsgraden vorgeschlagen (Tabelle 5):

	Fragestellung	Vorgehensweise	Ziel/Ergebnis
Laborieren	festgelegt	festgelegt	festgelegt
Versuche durchführen	festgelegt	festgelegt	Nicht festgelegt
a) Problemlösen	festgelegt	nicht festgelegt	festgelegt
b) Experimentieren	festgelegt	nicht festgelegt	festgelegt
Explorieren	festgelegt	nicht festgelegt	nicht festgelegt
Freies Explorieren	nicht festgelegt	nicht festgelegt	nicht festgelegt

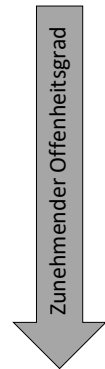


Tabelle 5: Verschiedene Experimentierweisen nach Offenheitsgrad

Dabei ist zu beachten, dass gerade die Fragestellungen z.B. beim Problemlösen oder Experimentieren auch mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam erarbeitet werden kann.

Was bei den genannten Kategorisierungen nicht deutlich wird, ist die o.g. *handelnde und denkende* Auseinandersetzung. Letztere erfordert eine wie auch immer geartete Reflexion des Vorgehens bzw. des erarbeiteten Inhalts, je nach Lehr-Lern-Absicht. Ob diese Reflexion von den Schülerinnen und Schülern vorgenommen werden kann oder durch die Lehrperson (an)geleitet wird, hängt von den diesbezüglichen Fähigkeiten und Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ab.

Priemer (2011) erstellt zusätzlich eine Dimensionierung und Graduierung des offenen Experimentierens (Abbildung 3). Demnach beschreiben sechs, teilweise voneinander abhängige Dimensionen die Offenheit von Experimentieraufgaben:

1. „der Fachinhalt, dem das Experiment zugeordnet werden kann,
2. die Strategie des Experimentierens (naturwissenschaftliche Denkweise),
3. die Methode, die angewendet wird (naturwissenschaftliche Arbeitsweise),
4. die Anzahl der möglichen Lösungen,
5. die Anzahl der möglichen Lösungswege,
6. die Phasen des Experimentierens.“

(Priemer, 2011, 325)

Für die sechs Dimensionen ergeben sich folgende Graduierungen, die die Offenheit für jede Phase des Experimentierens widerspiegeln kann (Priemer, 2011, 325).



Abbildung 3: Die Dimensionierung und Graduierung des offenen Experimentierens im Überblick (Priemer, 2011, 325)

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, inkludiert ein Experiment auch die denkenden, reflektierenden Tätigkeiten, insofern ist auch bei der Dimensionierung anzunehmen, dass sie sich über die Hands-on-Aktivität hinaus auf den gesamten Lernprozess beim Experimentieren beziehen lässt.

Ein anderer wichtiger Aspekt auf der Prozessebene lässt sich in den vorliegenden Konzeptionen und Handreichungen zum Experimentieren im Sachunterricht finden. Es kann grob zwischen drei anschlussfähigen Zielkategorien unterschieden werden, wobei an dieser Stelle kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Die Kategorien werden im Folgenden nur exemplarisch dargestellt und explizit als einander ergänzend verstanden. Zudem wird noch einmal betont, dass die drei Kategorien sich ausdrücklich auf Ziele der Prozessebene beziehen. Es wird also nicht nach unterschiedlichen methodischen Funktionen des Experimentierens kategorisiert, wie z.B. demonstrieren von vorher besprochenen Inhalten o.ä. Außerdem bezieht sich die folgende Untergliederung auf die Meta-Ebene der inhaltlichen Ziele des Experimentierens, pädagogische und psychologische Ziele sind im Rahmen einer multikriterialen Zielsetzung übergreifend mit den Kategorien verknüpfbar.

a) Das Experimentieren als Methode zur Gewinnung neuer Erkenntnisse (der Lernenden)

Diese Methode des Experimentierens dient nach Köhnlein und Spreckelsen (1992, 160) der Erkenntnis und verbindet in spezifischer Weise sinnliche Wahrnehmung, Denken und Handeln. Auch nach Ramseger (2009, 16) geht es „um das Verstehen der Gesetze der Natur und

um das Verstehen der Natur der Wissenschaft“, also darum, durch die Methode des Experimentierens zu – für die Lernenden – neuen Erkenntnissen zu kommen. Dabei spielt nicht nur das fachlich-konzeptuelle, deklarative Wissen eine Rolle, sondern auch ein prozedurales Verständnis der Methode des Experimentierens. Köhnlein und Spreckelsen (1992, 159) führen aus:

„Das naturwissenschaftliche Verfahren der experimentellen Prüfung repräsentiert eine der großen basalen und folgenreichen Ideen dieser Wissenschaften. Um es schließlich in seinen Grundzügen beherrschen und selbständig wirksam anwenden zu können, müssen die Kinder schon in der Grundschule Anregung und Gelegenheit erhalten, mit ihm allmählich vertraut zu werden und es intuitiv zu verstehen, indem sie seine Plausibilität und Leistungsfähigkeit an Beispielen erfassen, die Möglichkeiten bieten, es selbst auszuprobieren.“

Nach den o.g. Kategorisierungen entspricht das Experimentieren als Methode zur Erkenntnisgewinnung einer Experimentierweise, in der eine Fragestellung vorhanden ist bzw. mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet wird. Das didaktische Ziel ist hierbei, einen Begriff, ein Konzept oder einen Inhalt darzustellen oder zu verdeutlichen. Auch der Prozess des Experimentierens selbst kann dabei den zu erarbeitenden Inhalt bzw. das Konzept darstellen. Je selbstständiger die Schülerinnen und Schüler das Experiment durchführen sollen, umso mehr stellt prozedurales Verständnis über die Methode des Experimentierens eine Voraussetzung dar.

b) Das explorative Experimentieren als Methode zur Erfahrungserweiterung

Ein weiteres Ziel des Experimentierens kann das Sammeln und Differenzieren von Erfahrungen mit einem neuen Phänomen oder Effekt sein (vgl. z.B. Schlichting, 2010, 147). Es geht um das „Wahrnehmen, Probieren, Versuchen und Kennenlernen“ (ebd.) des jeweiligen Phänomens, noch nicht um ein tieferes, konzeptuelles Verständnis. Hierbei werden im direkten Umgang mit dem Phänomen „Wahrnehmungen, ästhetische Erlebnisse, Erfahrungen und Erkenntnisse gewonnen“ (Köster, 2006, 190). Im Gegensatz zu der vorhergehenden Kategorie liegen dem Explorieren noch keine konkreten Fragen oder Hypothesen zu Grunde, es ist ein eher unspezifisches, noch relativ ungerichtetes Wahrnehmen und Manipulieren, das auf neue Erfahrungen gerichtet ist (Köster, 2006, 190). Nach Murmann (2009) kann das explorative Experimentieren jedoch sehr systematisch und strukturiert ablaufen. So kann z.B. durch das Variieren einer großen Zahl experimenteller Parameter ermittelt werden, welche der experimentellen Bedingungen unerlässlich sind für das Auftreten des zu untersuchenden Aspekts und welche den Effekt nur modifizieren. Das Ziel hierbei ist sehr wohl ein Aufstellen stabiler empirischer Regeln, die sich typischerweise auf einer kausalen Ebene befinden („Wenn bestimmte Bedingungen vorliegen, dann tritt dieser oder jener Effekt ein“, Murmann, 2009).

c) *Das problemlösende Experimentieren*

Die Idee, Problemlöseprozesse in den Unterricht zu integrieren, ist nicht neu und hat ihre Ursprünge in der Mathematikdidaktik (z.B. Holland, 1988). In den Bildungsstandards Mathematik für die Grundschule ist das Problemlösen schon länger verankert, wobei Kompetenzen wie das Anwenden von Fertigkeiten und Fähigkeiten, das Entwickeln und Nutzen von Strategien sowie das Übertragen auf ähnliche Sachverhalte gefördert werden sollen (KMK, 2005). In der Sachunterrichtsdidaktik ist das Problemlösen noch nicht explizit konzeptionell oder systemisch verankert. Allerdings können dem problemlösenden Experimentieren wohl ähnliche Ziele unterstellt werden wie dem mathematischen Problemlösen. Empirische Belege stehen jedoch noch aus.

Das problemlösende Experimentieren, teilweise auch als „Ingenieursexperiment“ bezeichnet (Hammann et al., 2006, 292), ist dadurch gekennzeichnet, dass Anfangs- und Endzustand festgelegt sind. Es geht dabei meist um das Erzielen bestimmter Effekte, z.B. um die Entwicklung oder Optimierung technischer Produkte (vgl. ebd.). Ein Beispiel für eine solche Aufgabe wäre der Bau einer Brücke aus Papier, die möglichst viel Gewicht tragen kann. Dabei ist es nicht unbedingt notwendig, die beteiligten Faktoren und deren Wirkung systematisch zu ergründen (ebd.) und zu verstehen. Bereichsspezifisches Wissen kann die Lösung solcher Problemlöseaufgaben also erleichtern, bildet aber keine zwingende Voraussetzung.

Auch Klahr und Dunbar (1988) sehen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen als Problemlöseprozesse an. Allerdings bezieht ihr SDDS-Modell z.B. trial-and-error-Methoden nicht explizit mit ein. Gerade für den Grundschulbereich und im Hinblick auf die individuelle Lernförderung sollte ein möglichst breites Spektrum an Vorgehensweisen bereitgestellt werden. Insofern werden in dieser Arbeit alle Wege, die zu einer Lösung der jeweiligen Aufgabe führen, als Teil problemlösenden Experimentierens angesehen.

5.4 *Experimentieren in der Sachunterrichtspraxis*

Man könnte nun annehmen, dass in den höheren Jahrgangsstufen der Grundschule ein breiteres Spektrum an Experimentierweisen vorzufinden ist, d.h. dass alle der o.g. Zielkategorien in der Sachunterrichtspraxis vorkommen. Eine Videostudie von Ohle (2010) in 30 Klassen der 4. Klassenstufe zeigt jedoch folgendes Bild: Von den ca. 75% der Unterrichtszeit, in der inhaltliche Lernmöglichkeiten bereitgestellt werden, wird mehr als die Hälfte darauf verwandt, anhand von Hands-on-Aktivitäten Erfahrungen zu sammeln. Weniger als 10% der Gesamtunterrichtszeit wird darauf verwendet, gemachte Erfahrungen in irgendeiner Weise zu reflektieren (Ohle, 2010). Offen bleibt an dieser Stelle, ob die Lehrerinnen und Lehrer dem Experimentieren keine weiteren Ziele zugestehen, ob sie nicht wissen, wie andere Ziele umgesetzt werden können oder ob sie davon ausgehen, dass durch Hands-on-Aktivitäten ein reflektiertes konzeptuelles Wissen erreicht werden kann. Letzteres ist eher

unwahrscheinlich: In einer Studie von Ramseger et al. (Ramseger, Leser, Mey, Vock, & Mruck, 2011, 197) gaben nur neun von 209 befragten Lehrerinnen und Lehrern an, „Wissenserwerb, manifestiert in dem Ziel, dass die Schülerinnen und Schüler die untersuchten naturwissenschaftlichen Phänomene auch wirklich verstehen und korrekt erklären können“ als Ziel des Experimentierens anzusehen.

Bedenkt man den Ausbildungshintergrund der meisten Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer, ist eher zu vermuten, dass ihnen die Umsetzung von Inhalten der sogenannten „harten Naturwissenschaften“ Physik und Chemie schwer fällt (Möller, Jonen, & Kleickmann, 2004). Zwar sind die Lehrerinnen und Lehrer davon überzeugt, dass physikbezogenes Lernen in der Grundschule einen hohen Stellenwert haben sollte (Möller, 2004), jedoch ist der Anteil der Lehrerinnen und Lehrer, die in Aus- und Fortbildung keine oder kaum Physikkontakte hatten, mit 75% sehr hoch (Möller et al., 2004, 28). Die Hälfte der Lehrkräfte gibt sogar an, physikbezogene Veranstaltungen in der Ausbildung explizit gemieden zu haben (ebd.). So ist es nicht erstaunlich, dass fast 40% der Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrer ihre Kompetenzen bezüglich des Unterrichtens physikbezogener Themen als nicht ausreichend einschätzen (ebd.). Zudem beurteilen viele Lehrkräfte ihre eigene Fähigkeit, physikbezogene Inhalte zu verstehen, als sehr gering (ebd.).

Dabei hängen die Voraussetzungen für die Effektivität des Experimentierens im Unterricht maßgeblich von den Lehrpersonen ab und von deren Erwartungen, Wertungen und Fähigkeiten (vgl. Hofstein & Lunetta, 2004, 48f.). Entscheidend ist nach Hofstein und Lunetta auch hier wieder u.a. die Fähigkeit der Lehrperson die Schülerinnen und Schüler dabei zu unterstützen, sich handelnd und denkend mit dem Experimentalgegenstand auseinanderzusetzen, „to interact *intellectually* as well as *physically*“ (ebd., 49; vgl. auch Hart et al., 2000). Es ist anzunehmen, dass sich eine diesbezügliche Strukturierung, die die beiden Aspekte einbezieht, nicht nur fördernd auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt, sondern auch unterstützend auf die Planungsprozesse der Lehrerinnen und Lehrer. Gerade in den praxisnahen Handreichungen zum Experimentieren scheint meistens das Phänomen, der Effekt o.ä. im Fokus zu stehen, der Lernprozess scheint eher einen sekundären Stellenwert einzunehmen.

5.5 Genderspezifische Aspekte zum naturwissenschaftlichen Experimentieren in der Grundschule

Immer noch sind Mädchen – trotz insgesamt besserer Schulleistungsergebnisse – in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten weniger erfolgreich als Jungen (Kaiser, 2007, 75; vgl. z.B. auch Kaiser, 2009; Solga & Pfahl, 2009; Bos, Wendt, Köller, & Selter, 2012). Wie bereits in TIMSS 2007 zeigen sich auch in TIMSS 2011 signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Leistungen

von Viertklässlerinnen und Viertklässlern (Bos et al., 2012). Jungen erzielen sowohl in der Mathematik als auch in den Naturwissenschaften signifikant höhere Leistungen als Mädchen (ebd., 21):

„Im Vergleich mit den teilnehmenden Mitgliedsstaaten der EU und OECD zeigt sich, dass lediglich in der Tschechischen Republik die geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Naturwissenschaften um drei Leistungspunkte höher ausfallen als in Deutschland (12). Im europäischen Vergleich zeigt sich, dass für Staaten wie England, Irland, Litauen, Nordirland, Portugal, Rumänien, Schweden und Ungarn sowohl für die Gesamtskala Mathematik als auch für die Gesamtskala Naturwissenschaften keine signifikanten geschlechtsspezifischen Leistungsunterschiede festzustellen sind. Für Dänemark, Finnland, Norwegen und Slowenien zeigen sich lediglich im Bereich Mathematik signifikante Leistungsunterschiede, die zugunsten der Jungen ausfallen.“

In den Naturwissenschaften erzielen die Jungen in Deutschland in allen kognitiven Anforderungsbereichen signifikant bessere Leistungen als die Mädchen (ebd.). Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sowohl Leistungsunterschiede als auch Differenzen in Einstellungen und Selbstkonzepten zwischen Jungen und Mädchen in der Grundschule bestehen. Multivariate Analysen unter Einbezug der Variablen Geschlecht, Selbstkonzept, Note, Bildungsniveau der Eltern sowie sozioökonomischer Status zeigen in den Naturwissenschaften, dass Geschlechterunterschiede sich auch unter Hinzunahme des Selbstkonzepts und der Noten als signifikant erweisen und sogar um etwa vier Punkte ansteigen (ebd.).

Gerade auch dem Sachunterricht der Grundschule wird diesbezüglich eine wichtige Rolle zugeschrieben: Kaiser gibt einen umfassenden Überblick über die wichtigsten empirisch belegten Dimensionen, in denen sich Ungleichheiten zwischen Mädchen und Jungen ergeben – trotz organisatorisch und curricular gleicher Angebote (Kaiser, 2007, 82).

Die außerschulischen Aktivitäten von Jungen und Mädchen unterscheiden sich sehr deutlich; während die der Jungen häufiger mit Technik (z.B. Reparaturen, Umgang mit Experimentierkästen) verbunden sind, informieren sich Mädchen in ihrer Freizeit signifikant seltener als Jungen über Physik und Technik (Solga & Pfahl, 2009; Landwehr, 2002; Hannover, 1997). Die Geschlechtsrollenorientierung geht einher mit der Selbsteinschätzung und der Beurteilung der Bedeutung von Physik und Technik für die Zukunft. So schätzen Mädchen ihre Fähigkeiten, Leistungen und Zukunftsperspektiven im physikalischen und technischen Bereich deutlich niedriger ein als Jungen (Solga & Pfahl, 2009; Landwehr, 2002).

Doch auch von Eltern wird geschlechtsspezifisch gefördert: Mädchen bekommen seltener technisches Spielzeug, werden selten angeregt, bei Reparaturen mitzuhelfen, sich mit Physik und Technik zu befassen sowie einen technischen Beruf zu ergreifen (Hoffmann, Häußler, & Lehrke, 1997; Prenzel, Schütte, & Walter, 2007). Diese Vor- und außerschulischen Erfahrungen von Jungen und Mädchen haben einen signifikanten Einfluss auf das Interesse an physikbezogenen Themen und die Leistungen im Physikunterricht (ebd.). Allerdings be-

steht im Grundschulalter noch ein großes Interesse an physikbezogenen Themen sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen (z.B. Lück, 2000), wobei die frühe Einführung naturwissenschaftsbezogener Themen hilft, einmal gewecktes Interesse auch im weiterführenden Unterricht zu erhalten und zu fördern (ebd.). Auch TIMSS 2011 zeigt, dass sowohl Schülerinnen und Schülern mit sehr hohen Leistungen als auch diejenigen mit sehr geringen Leistungen gleichermaßen von den Naturwissenschaften begeistert sind (Bos et al., 2012). Hierbei wirken sich praktische Erfahrungen mit technischen und physikalischen Problemen positiv auf die Attitüden von Jungen *und* Mädchen aus (Hannover, 1991). Tenberge (2003) konnte zeigen, dass handlungsintensive Lernformen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht geschlechtsunabhängig mit einer Steigerung des sachunterrichtlichen Fähigkeits-selbstkonzeptes und der themen- bzw. bereichsspezifischen Selbstwirksamkeitserwartung einhergehen.

Das Experimentieren stellt Jungen und Mädchen die Möglichkeit bereit, sich sowohl praktisch handelnd als auch gedanklich mit einem konkreten Experimentalgegenstand auseinanderzusetzen. Insofern scheint das physikbezogene Experimentieren nicht nur aus didaktischer und entwicklungspsychologischer Sicht relevant für den Sachunterricht zu sein, sondern auch im Sinne der Bereitstellung von Möglichkeiten zur Interessenserweiterung aller Schülerinnen und Schüler gleichermaßen, d.h. im Sinne einer Chancengleichheit in Bezug auf Gender-Aspekte (Solga & Pfahl, 2009) sowie Aspekte der Persönlichkeitsentwicklung (vgl. Tenberge, 2003). Als Konsequenz daraus gelten Gender-Aspekte als wichtige Dimensionen didaktischen Denkens, Planens und Handelns (vgl. Kaiser, 2009; Kaiser, 2007).

5.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die vorliegende Studie

Das Experimentieren nimmt im naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht einen zentralen Stellenwert ein. Entscheidend, jedoch in der Sachunterrichtspraxis scheinbar wenig umgesetzt, ist die Kombination aus der handelnden Auseinandersetzung mit dem Material und der gedanklichen Auseinandersetzung. Dabei ist zu beachten, dass das Experiment dann lernförderlich zu sein scheint, wenn beide Ebenen auch im Nachhinein noch rekapituliert werden können (Learning Level). Obwohl in der didaktischen Literatur, auch international, die denkende Auseinandersetzungen und reflektierenden Schritte einen hohen Stellenwert einnehmen, werden sie in der fachdidaktischen Diskussion eher selten explizit aufgegriffen. Im Sachunterricht liegt der Fokus eher auf der handelnden Auseinandersetzung. Reflektierende Elemente sind zwar unerlässlich für die angestrebten Ziele des physikbezogenen Sachunterrichts, jedoch gibt es empirische Hinweise darauf, dass diese bisher wenig in den Unterricht integriert werden. Die Perspektive auf das Experimentieren im Sinne einer Lernprozessorientierung ist bis heute wenig beleuchtet und nicht empirisch untersucht. Empi-

risch ungeklärt bleibt auch, inwiefern der Anteil reflektierender, oder auch ergebnissichernder Phasen einen Einfluss auf die Lernleistung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht hat.

Ein weiterer Aspekt, der eng mit dem vorherigen verknüpft ist, ist die geringe Variation in den Lehrzieltypen. Meistens besteht die Lehr-Lern-Absicht im Sammeln von Erfahrungen, andere Möglichkeiten werden in der didaktischen Literatur zwar benannt, finden aber im Unterricht anscheinend wenig Raum. Damit wird das Potential der möglichen Ziele des Experimentierens nicht ausgeschöpft. Eine einseitige Orientierung an einem Ziel kann zudem ein inadäquates Bild der Natur der Naturwissenschaften bzw. der NOS-I hervorrufen.

Die Basismodelle von Oser (vgl. Kapitel 4) scheinen auf zwei Ebenen eine sinnvolle Möglichkeit zur Orientierung zu bieten: zum einen binden sie reflektierende Phasen schon auf der Planungsebene mit ein, zum anderen ermöglichen sie eine bewusstere Zielvariation und -präzisierung. Auch auf sachunterrichts-konzeptioneller Ebene scheinen drei Basismodelle den Lehr-Lern-Absichten zu entsprechen:

a) *Das Experimentieren als Methode zur Gewinnung neuer Erkenntnisse (der Lernenden):*

Das Ziel dieser Methode, Lernenden für sie neue Konzepte, Inhalte, Phänomene o.ä. nahezubringen, entspricht der Lehr-Lern-Absicht des Basismodells KONZEPTBILDEN auf der Tiefenstrukturebene. Beim KONZEPTBILDEN wird ein Prototyp eines Konzeptes oder auch Inhalts, Phänomens o.ä. bereitgestellt, der reflektiert und auf andere Kontexte übertragen wird.

b) *Das explorative Experimentieren als Methode zur Erfahrungserweiterung:*

Das Ziel, Erfahrungen zu sammeln und zu reflektieren, kann durch eine Orientierung am Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG sinnvoll strukturiert werden. Besonders hervorzuheben ist dabei die Integration reflektierender Elemente in den Lernprozess, welche für das angestrebte Ziel, erfahrungsbasiertes Wissen zu erlangen, unerlässlich sind.

c) *Das problemlösende Experimentieren:*

Geht man davon aus, dass das Ziel des problemlösenden Experimentierens ähnlich wie in Problemlöseprozessen im Mathematikunterricht das Erlernen, Anwenden und Übertragen von Strategien ist, entspricht diese Methode dem Basismodell PROBLEMLÖSEN.

Die im Rahmen dieser Arbeit erarbeitete Tabelle der Öffnungsgrade (vgl. Anhang, 16.1) kann eine Orientierung auf der Ebene der Sichtstruktur bieten. Diese ist zwar im Rahmen der Basismodell-Theorie nicht festgelegt, jedoch auch nicht als willkürlich anzusehen.

Im Folgenden Kapitel werden die drei genannten Basismodelle näher beschrieben.

“Our hypotheses is that every of (school) learning is based on a choreography that binds, on the one side, freedom of method, choice of social form, and situated improvisation with, on the other side, the relative rigor of the steps that are absolutely necessary in inner learning activity.”

Oser & Baeriswyl (2001, 1043)

6 Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN als Möglichkeiten der Sequenzierung von Experimenten im Sachunterricht

Oser und Kollegen (vgl. Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995; Oser & Baeriswyl, 2001; Oser et al., 2013) bieten mit ihren Basismodellen eine Möglichkeit zur Sequenzierung von Tiefenstruktur (vgl. auch Kapitel 3.4). Bisherige empirische Forschung zur Nutzung der Basismodelle im physikbezogenen Unterricht bzw. Physikunterricht, bezieht sich größtenteils auf die Sekundarstufen. Dabei haben sich vor allem drei Modelle der Tiefenstruktur als ergebnisreich erwiesen (vgl. z.B. Reyer, 2004): LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN. Wie im vorherigen Kapitel dargestellt, scheinen sich diese Modelle auch für den Sachunterricht zu eignen. Diese Vermutung lässt sich in erster Linie aus den Zielen des Sachunterrichts bzw. - in diesem Fall - des Experimentierens im Sachunterricht herleiten (vgl. Kapitel 5.6), wie im Folgenden näher ausgeführt wird (Kapitel 6.2- 6.4). Um aufzuzeigen, inwiefern unterschiedliche Basismodelle notwendig sind, wenn unterschiedliche Ziele intendiert werden, wird zuvor in Anlehnung an Geller (2015) ein Überblick darüber gegeben, welche Wissensarten mit den jeweiligen Modellen angestrebt werden (Kapitel 6.1). Nachfolgend werden die drei o.g. Basismodelle konkret in Bezug auf den physikbezogenen Sachunterricht gesetzt. Dabei wird unterschieden zwischen eher handlungsaktiv ausgerichteten und reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS. Wie in Kapitel 5.4 beschrieben, sind es gerade die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten Schritte oder Phasen, die im Unterricht kaum Raum finden. Um solche Schritte in den Unterricht zu implementieren, wird ihnen im Rahmen einer Tiefenstrukturierung durch die o.g. Basismodelle in dieser Studie eine besondere Relevanz zugesprochen.

6.1 Überblick über die intendierten Wissensarten

Wird im Unterricht ein Ziel verfolgt, sieht es prinzipiell den Erwerb bzw. die Erweiterung und Ausdifferenzierung eines bestimmten Wissens vor (sofern der Begriff „Wissen“, wie in der vorliegenden Arbeit, im weiteren Sinne verwendet wird). In Kapitel 2 wurden drei Wissensarten benannt, die im Kontext naturwissenschaftlichen Lernens relevant zu sein scheinen: erfahrungsbasiertes Wissen, theorie- bzw. konzept-ähnlich aufgebautes Wissen und strategisches Wissen. Diese Wissensarten scheinen sich direkt den Basismodellen LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN zuordnen zu lassen. Geller (2015) nimmt, in Anlehnung an Oser und Sarasin (1990), eine etwas detailliertere Unterteilung dieses Wissens nach Basismodellen vor. Sie unterscheidet zunächst zwischen dem episodischen Gedächtnis, in dem persönliche Erfahrungen gespeichert werden und dem semantischen Gedächtnis, in dem abstraktes Wissen, also Wissen das durch Bedeutungszuschreibung (d.h. Interpretation) gewonnen wird (Geller, 2015). Dabei umfasst das abstrakte Wissen sowohl Sach- als auch Handlungswissen (ebd.).

Sequenz	Lehrzieltyp	Wissensart
LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG	Aneignung von Erfahrungswissen	Erfahrungswissen – hohe Vernetzung zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis
KONZEPTBILDEN	Verwendung von Schemata, Skripts, Theorien	Strukturelles Wissen – hohe Vernetzung innerhalb des semantischen Gedächtnisses
PROBLEMLÖSEN	Lernen durch Versuch und Irrtum	Prozedurales Wissen – hohe Anwendbarkeit des deklarativen Wissens

Tabelle 6: Ausgewählte Basismodelle (hier „Sequenzen“ genannt) und dazu gehörende Lehrzieltypen und Wissensarten nach Geller (2015)

Es wird angenommen, dass das jeweilige Wissen durch die entsprechende Tiefenstrukturierungen erreicht werden kann. Die Argumentation findet auf konzeptioneller theoretischer Grundlage statt, ein empirischer Beleg steht jedoch aus und kann auch im Rahmen dieser Arbeit nicht erbracht werden.

6.2 Reflektierende und kognitiv ausgerichtete HKS

Als reflektierende und eher kognitiv ausgerichtete HKS werden in dieser Arbeit jene Schritte angesehen, die schon in der Planungsphase als denkende Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Lerngegenstand angelegt werden. Wie in Kapitel 5.4 beschrieben, wird den re-

flektierenden und kognitiv ausgerichteten HKS hohes Potential unterstellt, sogenannte „Hands-on-Minds-off“-Situationen zu vermeiden (vgl. Hofstein & Lunetta, 2001). Denn diese Phasen gehen über das Sammeln von Erfahrungen und den handelnden Umgang mit dem Lerngegenstand hinaus.

Das bedeutet jedoch nicht, dass während des handelnden Umgangs mit einem Lerngegenstand keine denkende Auseinandersetzung stattfindet. Vielmehr ist anzunehmen, dass denkende und handelnde Auseinandersetzungen zusammenfallen können. Werden die Erfahrungen und auch die dabei evtl. stattfindende gedankliche Auseinandersetzung jedoch nicht explizit aufgegriffen, bleibt es fraglich, ob alle Schülerinnen und Schüler sie zu einer differenzierten Erfahrungs- und/oder Wissenserweiterung nutzen können. Es geht also darum, dass schon während der Planung von Unterricht explizit ein denkender Umgang einbezogen wird. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass sich eine explizite Anlage auch im Unterricht zeigt. Diese Annahme lässt sich durch vorhergehende Studien belegen, in der die HKS nach Oser und Baeriswy (2001) sich im Unterricht beobachten sowie mit größtenteils zufriedenstellender Interrater-Reliabilität kodieren ließen (vgl. vor allem Reyer, 2004, aber z.B. auch Wackermann, 2007; Ohle, 2010; Geller, 2015).

In den folgenden Kapiteln werden die reflektierenden und kognitiv ausgerichteten HKS konkret für drei ausgewählte Basismodelle dargestellt.

6.3 *Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG*

Dem LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG steht im Sachunterricht ein wichtiger Stellenwert zu, da sich, wie in Kapitel 3.1 erwähnt, das Lernen im Spannungsfeld zwischen den Polen *Lebenswelt* der Schülerinnen und Schüler und *wissenschaftlich strukturiertem Wissen* abspielt. LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG wird somit als eine Art erstes Bindeglied zwischen den beiden Polen gesehen, also ein erster Schritt, das Erfahrungswissen der Schülerinnen und Schüler zu systematisieren. Zudem ist zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler noch nicht in allen Bereichen Vorwissen haben, auf das sie zurückgreifen können. Gerade das Vorwissen ist jedoch für die Basismodelle KONZEPTBILDUNG und PROBLEMLÖSEN ein wichtiger Aspekt. Insofern bietet sich LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG insbesondere, aber nicht ausschließlich, für den Einstieg in einen neuen Themen- oder Inhaltsbereich an. Nach Oser und Baeriswyl (2001) besteht das Modell aus den der Tabelle 7 zu entnehmenden fünf HKS, wobei die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS hervorgehoben sind:

1	Anticipation and planning of possible actions (to produce, to manipulate, to help, to transform, to collect, etc.); inner representations of such acts under the conditions of possible difficulties and constraints
2	Performance of such possible actions in respective contexts
3	Construction of meaning for the activity, first, through communicative interchange (i.e., the learner beginning to tell the story of his experience)
4	Generalization of the experience through analysis of common elements among various individual perceptions of events
5	Reflection of similar experiences found in the stories of others, in literature, in textbooks, etc.

Tabelle 7: Die Schritte des Lernens durch Eigenerfahrung nach Oser und Baeriswyl (2001, 1050), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin

Für die Grundschule wird bewusst der Begriff „Eigenerfahrung“ verwendet, da es sich idealerweise um Primärerfahrungen handelt, die Schülerinnen und Schüler also selbst mit dem jeweiligen Gegenstand handelnd in Interaktion treten. Im Gegensatz dazu wäre eine Sekundärerfahrung, z.B. die Schilderung oder Darstellung einer Erfahrung oder auch die Demonstration durch die Lehrperson o.ä., eher als Notlösung zu sehen (wenn es sich z.B. um potentiell gefährliche Situationen handelt).

Die Planung einer Handlung (**HKS 1**) muss immer im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel stattfinden. Dieses Ziel kann „auf der Handlungsebene angesiedelt sein [...], ohne bereits die inhaltliche Ebene – den Sinn der Handlung – vorwegzunehmen“ (Geller, 2015). Darauf folgt der zentrale Schritt des Basismodells LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, die Durchführung der geplanten Handlung (**HKS 2**).

Die im Perspektivrahmen (GDSU, 2013) geforderten Kompetenzen sind auf theoretischer Ebene in den **HKS 3-5** angesiedelt. Sie gehen über das bloße Sammeln von Erfahrungen hinaus und es ist anzunehmen, dass sie förderlich für die Überführung von Erfahrungswissen in (hier: physikalisch) belastbares Wissen sind. Insofern werden sie im Rahmen dieser Studie als reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS angesehen.

So wird in **HKS 3** eine erste Versprachlichung bzw. ein Kommunizieren des Erlebten intendiert (Oser & Baeriswyl, 2001). Gerade für Kinder im Elementar- und Primarstufenalter können die nachgewiesenen „Synergien zwischen Sprachentwicklung und Naturwissenschaftsvermittlung“ (Lück, 2008, 94; vgl. auch Lück, 2010) je nach Fokus an dieser Stelle genutzt werden. Dabei handelt es sich, je nach den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, z.B. um die Benennung der für die in HKS 2 erforderlichen Gegenstände, die Beschreibung der durchgeführten Handlungsabfolge oder auch Formulierungen von Fragen an die Natur und erste Mutmaßungen (ebd.). Auch im Hinblick auf die Erweiterung der Sprach-

kompetenz von Schülerinnen und Schülern, deren Erstsprache nicht Deutsch ist, kann eine Nutzung der o.g. Synergien mit Sicherheit förderlich sein.

In **HKS 4** werden Gemeinsamkeiten zwischen den gemachten Erfahrungen und Beobachtungen gesucht und erste Generalisierungen herausgearbeitet. So werden z.B. einfache Kausalbeziehungen gefunden (z.B. auf der Ebene „Immer wenn diese Variable verändert wird, ergibt sich jener Effekt.“). Dieser HKS lässt sich im Perspektivrahmen vor allem unter der Kompetenz „Naturphänomene auf Regelmäßigkeiten zurückführen“ ansiedeln (GDSU, 2013, 39).

Das in **HKS 5** beschriebene Reflektieren ähnlicher Erfahrungen in anderen Zusammenhängen kann als erster Schritt zur der im Perspektivrahmen geforderten Ableitung von Konsequenzen für das Alltagshandeln angesehen werden (ebd.). Denn um diese abzuleiten, muss vorher über den Zusammenhang von der wissenschaftlichen Betrachtungsweise und der Lebenswelt nachgedacht werden.

6.4 Basismodell KONZEPTBILDEN

Das Basismodell KONZEPTBILDEN intendiert – wie der Name schon impliziert – neue Konzepte zu erlernen bzw. vorhandene Konzepte ausdifferenzieren. Dabei soll das Konzept nicht nur erlernt, sondern auch angewendet und in neue Kontexte übertragen werden, wie aus der Übersicht der inkludierten HKS hervorgeht (Tabelle 8, reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS hervorgehoben):

1	Direct or indirect stimulation of the awareness of what the learner already knows regarding the new concept
2	Introduction of and the working through of a prototype as a valid example of the new concept
3	Analysis of essential categories and principles that define the new concept (positive and negative distinctions)
4	Active dealing with the new concept (application, synthesis, and analysis)
5	Application of the new concept in different contexts (incorporation of different but similar concepts into more complex knowledge system)

Tabelle 8: Die Schritte des KONZEPTBILDENS nach Oser und Baeriswyl (2001, 1054), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin

In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff Konzept weit ausgelegt, so kann z.B. auch die Erarbeitung von Begriffen durch das Basismodell KONZEPTBILDEN vermittelt werden. Oser und Baeriswyl (2001) schlagen hierfür das sich nur in seiner Komplexität unterscheidende Ba-

sismodell „Knowledge Building“ vor (Oser & Baeriswyl, 2001, 1054). Darunter fällt das Erlernen einfacher Worte und Begriffe (ebd.), wie etwa die häufig in der zweiten Klasse angesiedelte, begriffliche Unterscheidung zwischen Gegenstand und Material (z.B. Gegenstand: Schraube, Material: Eisen).

Dem KONZEPTBILDEN wird insofern eine hohe Relevanz beigemessen, als dass die perspektivenbezogenen Themenbereiche, die sich im Perspektivrahmen finden lassen, auf den Aufbau konzeptuellen Wissens abzielen (GDSU, 2013, 42ff.). Als zentrale Elemente werden z. B. im Bereich „Eigenschaften von Stoffen/ Körpern“ u.a. Zustände und Zustandsänderungen sowie Veränderungen von Stoffen benannt (ebd., 42). Erfahrungsbasiertes Wissen wie z.B. durch die Erfahrung, dass Wasser verschiedene Aggregatzustände annehmen kann, kann dabei ein wichtiger Bestandteil und Grundlage sein (**HKS 1**). Allerdings ist diese Erfahrung allein nicht unbedingt ausreichend, um belastbares physikalisches Wissen aufzubauen.

In **HKS 2** des Basismodells KONZEPTBILDEN wird das zu erlernende Konzept oder der Begriff durchgearbeitet und anschließend die Hauptmerkmale und Abgrenzungen des Konzepts oder Begriffs benannt (**HKS 3**). Der HKS 3 wird als bedeutsam für den Lernzuwachs gesehen (vgl. Geller, 2015; Reyer, 2004), eindeutige kausale Effekte liegen bis heute allerdings nicht vor.

Entscheidend für eine adäquate Vernetzung des erlernten Konzepts oder Begriffs sind die **HKS 4** und **5**. In diesen kognitiv ausgerichteten HKS wird das neue Konzept oder der neue Begriff angewendet (HKS 4) und in andere Kontexte eingebettet (HKS 5). Das bedeutet u.a. auch, das Konzept bzw. den Begriff aus der konkreten Unterrichtssituation in die weitere Alltags- und Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu übertragen. Dieser Schritt scheint unerlässlich für eine flexible Nutzung von Wissen in unterschiedlichen Kontexten, da er eine weitere Vernetzung konzeptuellen Wissens erfordert.

6.5 *Basismodell PROBLEMLÖSEN*

Anders als bei den beiden o.g. anderen Basismodellen geht es beim PROBLEMLÖSEN nicht um den Erwerb von Wissen (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001, 1052). Vielmehr ist das Wissen um die Lösung schon vorhanden, allerdings ist nicht klar, wie diese Lösung erreicht werden soll (ebd.). Das liegt u.a. daran, dass das vorhandene Wissen noch nicht flexibel genug ist, um in unterschiedlichen Situationen angewendet werden zu können (ebd.). Als Ziel des PROBLEMLÖSENS kann deshalb im Sinne Gellers (2015) eine Anwendbarkeit des vorhandenen, deklarativen und konzeptuellen Wissens benannt werden. Zudem kann vermutet werden, dass beim PROBLEMLÖSEN Strategiewissen und prozedurales Wissen erworben werden können. Empirische Belege hierfür stehen allerdings noch aus.

Nach Oser und Baeriswyl (2001) besteht das Modell aus den folgenden vier HKS (Tabelle 9), wobei die eher reflektierenden bzw. eher kognitiv ausgerichteten HKS hervorgehoben sind:

1	Students perceive and understand the problem (problem presentation, the discovery of a problem, reformulation of the problem task).
2	Students develop hypotheses about possible ways to find a solution (heuristics, strategies).
3	Students test the hypotheses (gather indicators, gather data, search for direct or indirect solutions, test by trial and error).
4	Students evaluate and apply the solutions found (eventually redesigning element 2); they relate the solution to a broader understanding of learning)

Tabelle 9: Die Schritte des Problemlösens nach Oser und Baeriswyl (2001, 1053), Hervorhebung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS durch die Autorin

Für das Basismodell PROBLEMLÖSEN wurden die von Oser und Pantry (1990) vorgeschlagenen HKS angenommen, d.h. der erste Schritt wurde aufgeteilt. Die Präsentation bzw. das Entdecken eines Problems und das Reformulieren der Aufgabe bzw. das Beschreiben in eigenen Worten wurden damit als separate Schritte gesehen. Dies scheint sich für einige Lerngruppen anzubieten, um sicherzustellen, dass alle Lernenden der Gruppe die Aufgabe verstanden haben (z.B. bei Unsicherheiten in der Unterrichtssprache) und ist auch im Sinne einer o.g. eventuellen Unterstützung der Sprachentwicklung sinnvoll (z.B. Lück, 2008).

Als reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS werden hier die **HKS 2** und **4** angesehen. Im **zweiten HKS** haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, verschiedene Methoden zur Entwicklung von Lösungen anzuwenden, was auch einen Einfluss auf den Grad der kognitiven Auseinandersetzung haben kann. Mögliche Methoden wären z.B. vorhandenes Vorwissen heranzuziehen und auf das Problem zu übertragen (evtl. höhere kognitive Ausrichtung), zu recherchieren oder auch durch Trial-and-Error eine Lösung zu finden (evtl. niedrigere kognitive Ausrichtung). Der **HKS 2** wird als bedeutsam für den Erwerb deklarativen Wissens angesehen (vgl. Geller, 2015; Vollmeyer & Funke, 1999). Allerdings wird er häufig nicht ausreichend betrieben (Geller, 2015; vgl. auch Reyer, 2004), was einen negativen Einfluss auf Schülerwissen zeigen kann (Reyer, 2004).

Die in **HKS 3** ausprobierten Lösungswege werden dann im letzten, **vierten HKS** evaluiert. Auch dieser HKS ist kognitiv ausgerichtet, da hier das Anfangsproblem wieder in den Blick genommen werden muss, um – implizit oder explizit – kriteriengeleitet die gefundene Lösung abzuwägen. Im Optimalfall werden die Kriterien anfangs mit den Schülerinnen und Schülern besprochen. So kann ein Kriterium sein, dass die Lösung nicht nur das Problem angemessen behandelt, sondern auch ästhetisch ansprechend ist.

6.6 *Ausgewählte empirische Ergebnisse*

Inzwischen gibt es zahlreiche Studien zu unterschiedlichen Aspekten der Basismodell-Theorie aus unterschiedlichen (Fächer-)Perspektiven. Im Folgenden wird sich auf die empirisch angelegten Studien zum Physiklernen bezogen, da sie für die vorliegende Studie methodisch und inhaltlich wichtige Bezüge darstellen. Für den Sachunterricht der Grundschule liegt bisher nur die Studie von Ohle (2010) vor, die anderen Studien beziehen sich auf die Sekundarstufe I.

Im Rahmen dieser Studie ist vor allem die Beantwortung folgender Fragen wichtig: Lassen sich die Basismodelle und ihre jeweiligen HKS im (Sach-)Unterricht überhaupt identifizieren? Dies ist nicht selbstverständlich, da die HKS, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, nicht ohne interpretatorischen Zwischenschritt über die Sichtstruktur erkennen lassen. Und wenn ja, inwiefern liegt eine basismodell-konforme bzw. aus kognitionspsychologischer Sicht sinnvolle Tiefenstrukturierung im Unterricht bereits vor? Eine weitere Frage ist die nach der Wirksamkeit der Basismodelle. Lohnt es sich überhaupt, die Basismodelle in den Sachunterricht zu implementieren, oder anders formuliert, inwiefern ist von der Planung des Sachunterrichts auf der Grundlage der Basismodelle eine (Lern)Wirksamkeit zu erwarten?

Diese Fragen lassen sich durch die vorliegenden empirischen Studien zumindest teilweise beantworten. Die hierfür relevanten Studien können in zwei Stränge unterteilt werden: zum einen in die Beschreibung von Unterrichtsstunden anhand der Basismodelle (vgl. z. B. Geller, 2015, Ohle, 2010, Reyer, 2004), zum anderen in die Untersuchung von Lehrerfortbildungen zur Wirksamkeit der Basismodelle (vgl. z. B. Zander et al., 2015, Wackermann, Trendel, & Fischer, 2010; Wackermann, 2007).

Zur Beantwortung der ersten Fragen ist es sinnvoll, die Studien von Reyer (2004), Ohle (2010) und Geller (2015) heranzuziehen. In diesen Studien wird Physikunterricht bzw. physikbezogener Sachunterricht intervallbasiert (d.h. zeitbasiert) kodiert.

Reyer (2004) entwickelt im Rahmen seiner Studie ein Verfahren zur videogestützten Erfassung latenter Tiefenstrukturen im Physikunterricht. Auch wenn er damit ein prinzipiell für den Physikunterricht operationalisiertes und nutzbares Kodierverfahren entwickelt hat, zeigen sich noch Probleme mit der internen Konsistenz (ebd.). Dennoch gelingt es Reyer (2004), einen ersten Eindruck von typischen Tiefenstrukturen im Physikunterricht aufzuzeigen. Er beschreibt die Tiefenstruktur als „tendenziell [...] ‚faktenorientiert‘ und ‚handlungsorientiert‘ bzw. ‚anwendungsorientiert‘.“ (ebd., 286) Auch Geller (2015) findet in ihrer Analyse der Lernprozess-Sequenzierung im Physikunterricht im Ländervergleich zwischen der Schweiz, Finnland und Deutschland eine starke Verbreitung eines konzeptbildenden Fokus (39%) sowie der Kombination aus ERFAHRUNGSLERNEN und KONZEPTBILDEN (34%) und dem ERFAHRUNGSLERNEN (25%). In der Grundschule scheint hingegen ein sehr starker Fokus auf HKS

des ERFAHRUNGSLERNENS gelegt zu werden (Ohle, 2010), und zwar hauptsächlich auf den HKS 2, das Durchführen von Handlungen (vgl. auch Kapitel 5.4).

In allen drei Studien zeigt sich gleichermaßen, dass den reflektierenden oder stark kognitiv ausgerichteten HKS kaum Raum eingeräumt wird. Geller (2015) findet in ihrer Studie, dass in einem Viertel der Unterrichtseinheiten so gut wie keine der höheren HKS des KONZEPTBILDENS bzw. des LERNENS DURCH ERFAHRUNG durchgeführt wurden. Für die Grundschule zeigt sich ein noch ausgeprägteres Bild: Weniger als 10% der Gesamtunterrichtszeit werden hier darauf verwendet, die gemachten Erfahrungen in irgendeiner Weise zu reflektieren (HKS 3), zu generalisieren (HKS 4) oder gar zu übertragen (HKS 5). Ein weiteres Ergebnis, dass sich in allen drei Studien widerspiegelt, ist die quasi nicht existente Durchführung des Basismodells PROBLEMLÖSEN (vgl. Geller, 2015; Ohle, 2010; Reyer, 2004).

In Studien, in denen Physiklehrerinnen und -lehrer in Fortbildungen bezüglich der Tiefenstrukturierung anhand der Basismodelle gecoachert wurden, zeigen sich Effekte auf mehreren Ebenen. So konnten Wackermann und Trendel (2010, 977, vgl. auch Wackermann, 2010) einen signifikanten Effekt auf die Schülerinnen- und Schülerwahrnehmung der Unterrichtsqualität feststellen, insbesondere der Verstehensorientierung ($F(2,722) = 14.22, p < .001, \eta^2 = .04$). Auch auf affektive Faktoren wie Interesse konnte ein Effekt der Basismodell-Strukturierung nachgewiesen werden (mittlere Effektstärken bis zu $\eta^2 = .04$, vgl. Wackermann et al., 2010, 979). Zander et al. (2015) konnten in ihrer Studie, in der 30 achte Klassen des Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen untersucht wurden, signifikante Effekte auf die Lernleistung (Fachwissen) insbesondere von weniger leistungsstarken Schülerinnen und Schülern nachweisen. Dafür wurde die gesamte Stichprobe nach ihrer Personenfähigkeit in drei Gruppen unterteilt, in (a) „schwächere“ ($n = 642$), (b) „durchschnittliche“ ($n = 823$) und (c) „starke“ ($n = 145$) Schülerinnen und Schüler (vgl. ebd.). Zwischen den Gruppen liegt jeweils ein signifikanter Unterschied vor (zwischen Gruppe (a) und (b): $t(1463) = 38.4, p < .001, d = 2.0$, zwischen (b) und (c): $t(966) = 31.4, p < .001, d = 2.8$, Zander et al., 2015). Die Verteilung auf Interventions- und Kontrollgruppe ist im Vortest gleich (χ^2 -Test, $p = .95$, ebd.). Dabei zählen 51% der Schülerinnen und Schüler in der Vergleichs- bzw. 48% in der Fortbildungsgruppe zu den „schwächeren“ Schülerinnen und Schülern. Im Nachtest hingegen verteilen sie sich signifikant unterschiedlich ($p < .001$). Es zählen nur noch 39% der Schülerinnen und Schüler in der Vergleichs- und 21% in der Fortbildungsgruppe zu den „schwächeren“ (ebd.). Es scheinen also besonders Schülerinnen und Schüler mit schwächeren bis durchschnittlichen Leistungen von einer Tiefenstrukturierung im Sinne der Basismodelle zu profitieren.

6.7 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die vorliegende Studie

Bisherige Studien, sowohl für den Physikunterricht der Sekundarstufe I als auch für den physikbezogenen Sachunterricht der Grundschule, zeigen, dass sich die Tiefenstruktur des Unterrichts anhand der Basismodelle beschreiben lässt. Die Studien zeigen auch, dass die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS häufig vernachlässigt werden (sowohl zeitlich als auch inhaltlich). Inwiefern diese kognitiv teilweise anspruchsvollen HKS in der Grundschule überhaupt umgesetzt werden können, ist empirisch noch nicht überprüft.

Insbesondere für den Physikunterricht liegen empirische Studien vor, die einen begünstigenden Effekt von der basismodell-orientierten Planung auf die Unterrichtsqualität nahe legen. Die vorliegenden Studien zu Implementation der Basismodelle beziehen sich größtenteils auf die Sekundarstufe, für den Sachunterricht der Grundschule stehen solche empirischen Studien noch aus. Zuvor muss jedoch sichergestellt sein, dass die Basismodelle auch konzeptionell in den physikbezogenen Sachunterricht implementierbar sind. Die drei vorgestellten Basismodelle geben die Möglichkeit, sich sowohl handelnd als auch denkend mit dem jeweiligen Lerngegenstand auseinanderzusetzen, indem sie entsprechende HKS bereitstellen. Dabei scheinen insbesondere das LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und das KONZEPTBILDEN die im Sachunterricht geforderten Zielen unterstützen zu können, da sie explizit auf entsprechende Zielkompetenzen des Perspektivrahmens (GDSU, 2013) ausgelegt sind. Das Basismodell PROBLEMLÖSEN und dessen HKS lassen sich sowohl in der Grundschule als auch in der Sekundarstufe I kaum nachweisen. Eine Implementation von Problemlöseprozessen könnte jedoch durchaus sinnvoll sein, damit zuvor Erlerntes nicht als „träges Wissen“ endet (Kahlert & Inckemann, 2001, 7). Denn die Verfügbarkeit von Wissen stellt eine Voraussetzung für die Erlangung von Kompetenzzielen dar (ebd., 10).

The limiting of purposes by the teacher was crucial to the success she did achieve. Perhaps here lies a clue to the failure of laboratory work in terms of student learning: by claiming too much for laboratory work, we diminish what we can achieve.

Hart et al. (2000, 672)

7 Zusammenfassung des Forschungsstandes und Problemaufriss

Empirische Studien belegen, dass Kinder im Grundschulalter über ein wissenschaftliches Grundverständnis verfügen. Beim naturwissenschaftlichen Lernen scheinen sich drei übergreifende Wissensarten herauszukristallisieren: erfahrungsbasiertes Wissen, theorie- bzw. konzept-ähnlich aufgebautes Wissen und strategisches Wissen (Kapitel 2).

Bei Vorschlägen zur Planung bzw. Strukturierung von physikbezogenem Sachunterricht scheinen diese Wissensarten zunächst einmal nicht konkret aufgegriffen bzw. differenziert zu werden. Dabei liegt die Annahme nahe, dass für die Erarbeitung unterschiedlicher Wissensarten unterschiedliche Strukturierungen notwendig sind. Die für den Lernerfolg relevante Strukturierungsebene ist dabei die der Tiefenstruktur. Auf dieser Ebene werden die kognitiven und mentalen Verarbeitungsprozesse strukturiert bzw. sequenziert. Bei der Planung und Durchführung von Unterricht wird die Tiefenstrukturierung in vielen didaktischen Strukturierungsvorschlägen bis jetzt allerdings kaum berücksichtigt. (vgl. Kapitel 3 und 4)

Ein Modell zur expliziten Berücksichtigung der Tiefenstruktur im Unterricht sind die Basismodelle von Oser und Kollegen. Sie gehen davon aus, dass für das Erreichen verschiedener Lehr-Lern-Absichten, also verschiedener Zielsetzungen, unterschiedliche Schritte notwendig sind. Die Basismodell-Theorie greift dabei u.a. die o.g. Wissensarten als Zielkategorien auf. Allerdings müssen diese Ziele bzw. Zielkategorien auch konzeptionell mit denen der Sachunterrichtsdidaktik übereinstimmen sowie die relevanten Methoden in der Unterrichtspraxis stützen. Es konnte herausgearbeitet werden, dass dies auf die drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN zutrifft. (vgl. Kapitel 4 und 6)

Eine sehr wichtige Methode stellt dabei das Experimentieren im weitesten Sinne dar, mehr als die Hälfte der Unterrichtszeit wird mit Hands-on-Aktivitäten bestritten. Eine Beschränkung des Experimentierens auf bloße Hands-on-Aktivitäten lässt zahlreiche Lernmöglichkeiten jedoch ungenutzt und kann zu einem inadäquaten Experimentierverständnis führen. So ist es zwar theoretisch möglich, mit dem Experimentieren unterschiedliche Ziele in Form verschiedener Wissensarten zu erreichen, allerdings bei einer Beschränkung auf Hands-on-

Aktivitäten nicht sehr wahrscheinlich. Vielmehr sind Phasen der kognitiven Auseinandersetzung notwendig, die es erlauben, z.B. durchgenommene Inhalte zu reflektieren, angewendete Methoden zu evaluieren, Wissen auf andere Kontexte anzuwenden etc. Diese reflektierenden Phasen gehören auch wissenschaftstheoretisch zum Prozess des Experimentierens dazu. (vgl. Kapitel 5)

Die drei Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN in den physikbezogenen Sachunterricht zu implementieren, hat den Vorteil, dass sowohl die o.g. Wissensarten als Zielkategorien aufgegriffen als auch reflektierende Phasen in Form verschiedener HKS schon bei der Planung als fester Bestandteil integriert werden. (vgl. Kapitel 6)

In der physikdidaktischen Forschung wurden die Basismodelle bisher mit dem Ziel der Analyse von Unterricht operationalisiert bzw. in den Sekundarstufenunterricht implementiert (vgl. Wackermann, 2007; Ohle, 2010; Geller, 2015; Zander, 2015). Eine empirische Überprüfung der Eignung für den (physikbezogenen) Sachunterricht steht allerdings aus. Zudem wurde die Implementation der Basismodelle in den bis jetzt vorliegenden Studien auf Klassenniveau untersucht. Ungeklärt bleibt, inwiefern die Schülerinnen und Schüler ein auf Grundlage der Basismodelle strukturiertes Angebot auch so nutzen (können), wie es intendiert ist, also inwiefern eine Passung zwischen einem basismodellorientierten Angebot und der Nutzung des Angebots auf der Seite der Schülerinnen und Schüler besteht. An dieser Stelle setzt die hier vorliegende Studie an und untersucht die Implementation der Basismodelle in den physikbezogenen Sachunterricht (Unterrichtsangebot), die Lernaktivität der Schülerinnen und Schüler (Nutzung) sowie den Ertrag des Unterrichts in Form des Lernzuwachses. Dies wird im folgenden Kapitel näher erläutert und die daraus resultierenden Forschungsfragen werden vorgestellt.

„Die allgemeine Didaktik hat in der Vergangenheit eine Vielzahl von Regeln, Schemata und Anweisungen für den „guten“ Unterricht und Konzepte idealtypischer Stundenverläufe hervorgebracht, die in der Lehrerbildung noch heute dominieren. Den meisten Ansätzen ist gemeinsam, dass sie nicht empirisch, sondern normativ sind.“

Helmke & Schrader (2008, 24)

8 Ziel und Forschungsfragen

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben gibt es Anlass anzunehmen, dass die Basismodelle ein sinnvolles Planungsinstrument für den physikbezogenen bzw. naturwissenschaftlichen Sachunterricht darstellen können. Bevor sie jedoch in die Lehrerbildung bzw. -fortbildung integriert werden, muss empirisch geklärt werden, ob und inwiefern eine Implementation bzw. ein Transfer in den Sachunterricht der Grundschule überhaupt sinnvoll ist, also die Basismodelle für die Planung von physikbezogenem Sachunterricht geeignet sind. Ziel dieser Arbeit ist es, dies empirisch zu überprüfen. Wann eine Eignung für den Unterricht vorliegt, hängt allerdings von zahlreichen Variablen ab und kann sicherlich diskutiert werden. Die Aspekte, auf die in dieser Arbeit fokussiert wird, werden im Folgenden anhand eines aus Gründen der Übersichtlichkeit stark vereinfachten Angebot-Nutzungs-Modells verdeutlicht (Abbildung 4):

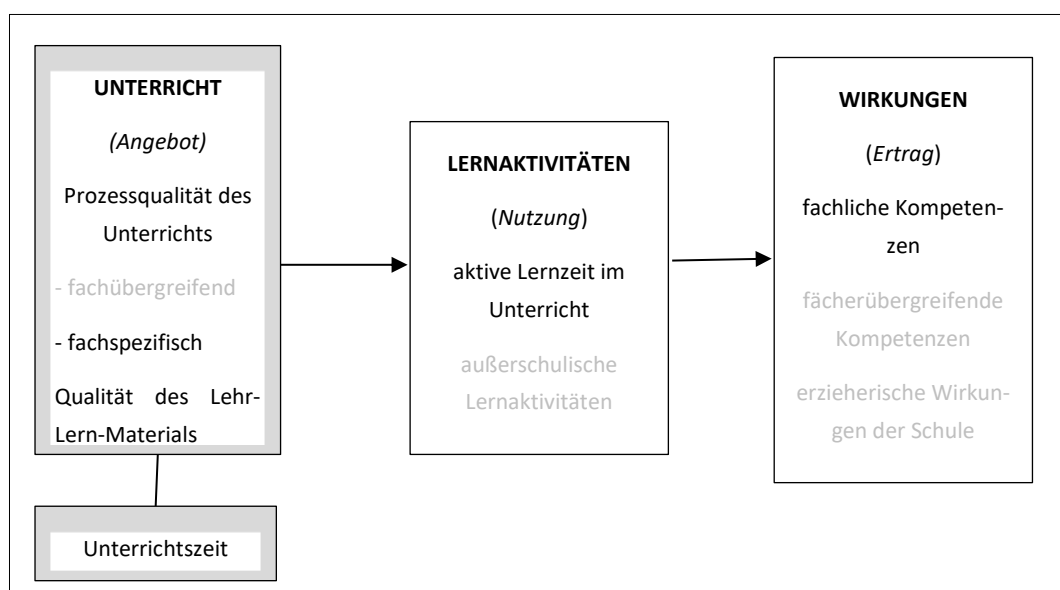


Abbildung 4: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2009)

Es wird davon ausgegangen, dass die Berücksichtigung der Tiefenstrukturen einen Teil der *Prozessqualität* des Unterrichts darstellt, wobei es im Fall dieser Studie explizit um *fachspezifisch* sachunterrichtliche Merkmale geht. Auf der Seite der Lernaktivität ist für diese Studie die *aktive Lernzeit* im Unterricht relevant, wobei die *Unterrichtszeit* einen wichtigen Einflussfaktor darstellt (vgl. z.B. Stender et al., 2013; Hattie, 2010).

Da es in dieser Studie um das Lernen physikalischer Inhalte geht, wird bei den Wirkungen des Unterrichts vor allem auf *fachliche Kompetenzen* fokussiert. Dies schließt, angelehnt an den Kompetenzbegriff Weinerts (2001), sowohl Fachwissen als auch Interesse am Fach ein.

Da die Wirkzusammenhänge der Lernprozessorientierung und damit die Berücksichtigung der Tiefenstruktur in der Grundschule noch nicht ausreichend empirisch geklärt sind, ist die Studie explorativ angelegt.

Ob die Planung von Unterricht lernprozessorientiert auf Grundlage der Basismodelle als sinnvoll bezeichnet werden kann, zeigt sich im Zusammenspiel des Angebots, der Nutzung und der Wirkung/des Ertrages. Die grau hinterlegten Aspekte werden in dieser Studie kontrolliert, d.h. sowohl die Unterrichtszeit als auch das Angebot werden konstant gehalten.

Daraus ergeben sich die im Folgenden vorgestellten Forschungsfragen.

8.1 Erste Forschungsfrage: Ebene des Lernangebots

F1 Inwiefern ist es möglich, die drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN vollständig, d.h. die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS inkludierend, erfolgreich in den physikbezogenen Sachunterricht zu implementieren? (Angebots-Ebene)

Die Beantwortung dieser auf die *Prozessqualität* abzielenden Frage ist als **Voraussetzung** für die Beantwortung der nachstehenden Fragen zu sehen, da die Nutzung und Wirkung eines Unterrichtsangebots nur untersucht werden kann, wenn das Angebot auch entsprechend der theoretischen Überlegungen ausgeführt wurde. Dennoch handelt es sich nicht ausschließlich um eine Kontrollvariable, denn ein theoretisch überzeugendes Modell muss auch unter den gegebenen Bedingungen nutzbar sein. Von individuellen Schulvoraussetzungen abgesehen, ist die *Unterrichtszeit* ein entscheidendes Merkmal. Anders als andere Einflussfaktoren, wie Materialien, Schulkonzept etc., ist sie an deutschen Schulen durch die curricularen Vorgaben relativ eng vorgegeben (in der Regel vier 45-Minuten-Stunden Sachunterricht pro Woche, was sich aber nach Bundesländern unterscheiden kann).

Hypothese 1a:

Eine erfolgreiche Umsetzung der drei Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN im Sachunterricht der Grundschule ist prinzipiell möglich.

Es handelt sich hierbei um eine allgemeine, inhaltliche Hypothese, die aus wissenschaftstheoretischer Perspektive nicht falsifizierbar ist. Allerdings kann eine indikatorengeleitete Überprüfung der Hypothese bei der Formulierung (gerichteter) Zusammenhangshypothesen in Folgestudien helfen.

Als Indikatoren für eine erfolgreiche Umsetzung werden die in den Kapitel 4.1 beschriebenen Kriterien angelegt:

1.1 Indikator Zielorientierung

Wird jeweils auf ein Basismodell fokussiert, bzw. nicht zwischen den einzelnen Basismodellen gewechselt?

Der Indikator wird als zutreffend angesehen, wenn in 90% oder mehr der Unterrichtsstunden auf ein Basismodell fokussiert wird (Zielorientierung $\geq 90\%$).

Der 90%-Wert wurde bei 1.1 und auch bei den folgenden Indikatoren gewählt, da in einer Klassensituation keine Laborbedingungen vorherrschen. Eine 10%ige Abweichung würde bedeuten, dass in 2,5 Doppelstunden von 25 nicht basismodellkonform unterrichtet wird. Dieser Wert scheint ausreichend, um nachzuweisen, dass eine Implementation der o.g. Basismodelle möglich und unter Realbedingungen umzusetzen ist.

1.2 Indikator Reihenfolge

Werden die jeweiligen Handlungskettenschritte eines Basismodells in der richtigen Reihenfolge durchgeführt? Dabei kann zwar auf einen vorherigen Handlungskettenschritt zurückgegriffen werden, Schritte dürfen aber nicht in ihrer Reihenfolge umgedreht werden.

Der Indikator wird als zutreffend angesehen, wenn 90% oder mehr der Unterrichtsstunden in der richtigen Reihenfolge durchgeführt werden (Reihenfolge $\geq 90\%$).

1.3 Indikator Vollständigkeit

Werden die jeweiligen Basismodelle vollständig durchgeführt, also keine Handlungskettenschritte übersprungen oder ausgelassen?

Der Indikator wird als zutreffend angesehen, wenn 90% oder mehr der Unterrichtsstunden vollständig und mit allen HKS durchgeführt wird (Vollständigkeit $\geq 90\%$).

1.4 Indikator Zeit

Wie hoch ist der Zeitanteil, der als tatsächliche inhaltliche Lernmöglichkeit genutzt werden kann?

Diese Frage zielt auf zwei Dimensionen ab: einerseits, ob die einzelnen Basismodelle in einem für die Grundschule realistischen Zeitrahmen von jeweils ca. einer Doppelstunde durchgeführt werden können (1.4a) und andererseits gibt der Anteil inhaltlicher Lernmöglichkeiten Aufschluss über die Qualität der Strukturierung (1.4b, vgl. Kapitel 3.4).

1.4a Der Indikator wird als zutreffend angesehen, wenn in 90% oder mehr der Unterrichts(doppel)stunden ein Basismodell abgeschlossen wird. Unabhängig von der Vollständigkeit gilt ein Basismodell als abgeschlossen, wenn im folgenden HKS ein neues Basismodell bzw. ein neues Themenfeld begonnen wird.

1.4b Der Anteil inhaltlicher Lernmöglichkeiten liegt durchschnittlich bei 70% der Unterrichtszeit oder mehr. In der Studie von Ohle (2010) zeigt sich, dass in den 30 von ihr untersuchten Sachunterrichtsstunden im Durchschnitt in ca. 75% der Unterrichtszeit eine inhaltliche Lernmöglichkeit angeboten wird. Der 70%-Wert wurde bei 1.4b angesetzt, da davon ausgegangen wird, dass sich die effektiv genutzte Unterrichtszeit unter den Bedingungen der Studie leicht verkürzt. So werden z.B. das namentliche Vorstellen der Schülerinnen und Schüler sowie der Forscherinnen und des Projektes zwar in der Unterrichtszeit vorgenommen, aber nicht als inhaltliche Lernmöglichkeit gesehen.

Wie hoch der Anteil an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS sein sollte, hängt von zahlreichen Faktoren ab, wie z.B. dem gewählten Basismodell, der Lerngruppe, dem Lerninhalt usw. Es wird jedoch erwartet, dass sich die Anteile der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS bei einer Planung von Sachunterricht auf Grundlage der Basismodelle im Vergleich zur Planung ohne explizite Berücksichtigung der Tiefenstrukturierung erhöhen. Letztere wurden z.B. in Ohles Studie (2010) analysiert (vgl. Kapitel 6.6).

Hypothese 1b:

Bei einer erfolgreichen Implementation erhöht sich der zeitliche Anteil an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS im Gegensatz zu den in einer Vergleichsstudie festgestellten Anteilen.

Somit wird die Hypothese angenommen, wenn der Zeitanteil der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS deutlich über 10% liegt (reflektierende HKS \leq 20% der Zeit für inhaltliche Lernmöglichkeiten).

8.2 *Zweite Forschungsfrage: Ebene der Lernaktivität bzw. der Nutzung des Lernangebots*

F2 Inwiefern folgen Schülerinnen und Schüler einem auf Grundlage der o.g. Basismodelle tiefenstrukturierten Sachunterrichtsangebot – inklusive der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS – im intendierten Sinne bzw. inwiefern nutzen sie es im intendierten Sinne? (Nutzungs-Ebene)

Bis heute wurde noch nicht überprüft, inwieweit die Schülerinnen und Schüler ein auf Grundlage der Basismodelle strukturiertes Angebot auch im intendierten Sinne nutzen. Denn nur, weil die Lehrperson etwas anbietet, heißt das nicht automatisch, dass dieses Angebot von den Lernenden auch genutzt wird. Gerade in den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS ist nicht sichergestellt, dass die Schülerinnen und Schüler die mit dem Angebot intendierten mentalen Verarbeitungsprozesse auch durchführen. So kann es z.B. vorkommen, dass das Angebot vorsieht, dass Schülerinnen und Schüler ein Konzept in anderen Kontexten anwenden, die Schülerinnen und Schüler jedoch gemachte Erfahrungen in anderen Situationen reflektieren. Der relevante Unterschied läge u.a. im Abstraktionsgrad und der erlangten Wissensart (vgl. Kapitel 6.1). Da Schülerinnen und Schüler der Grundschule Defizite im metatheoretischen Verständnis haben, also z.B. Theoriekonflikte negieren, muss sichergestellt werden, dass sie gerade auch den komplexeren, reflektierenden HKS (vgl. Kapitel 6) folgen können. Ist das nicht der Fall, müssen die Basismodelle ggf. adaptiert werden oder andere Möglichkeiten der Tiefenstrukturierung für die Grundschule gesucht werden.

Die Kriterien für eine erfolgreiche Nutzung sind parallel zur Forschungsfrage 1a-d die **Zielorientierung**, die **Vollständigkeit**, die **Reihenfolge** und die **aktive Lernzeit im Unterricht/ Time-on-Task**, also die Zeit, die tatsächlich mit dem Lerngegenstand verbracht wird.

Hypothese 2a:

Die Schülerinnen und Schüler können der durch die Basismodelle vorgegebenen Tiefenstruktur, inklusive den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS, zu einem hohen Grad folgen, sofern das Angebot basismodell-konform strukturiert ist.

Auch bei dieser Hypothese handelt es sich – wie bei Hypothese 1 – um eine nicht falsifizierbare Annahme, die jedoch Aufschluss über mögliche Korrelationen geben kann. Dafür müssen auch hier die Indikatoren zunächst einzeln überprüft werden, um danach mögliche Zusammenhänge (z.B. zum Lernzuwachs) zu untersuchen.

Es wird einerseits von der Idealannahme ausgegangen, dass Schülerinnen und Schüler nur dann vom Unterrichtsangebot abweichen, wenn das Angebot keine Passung zu den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler aufzeigt, sie also z.B. über- oder unterfordert. Andererseits muss in Betracht gezogen werden, dass im realen Unterricht nicht immer ideale Bedingungen herrschen und Abweichungen auch durch ein kurzzeitiges Nachlassen der Konzentration o.ä. entstehen können und trotzdem noch eine hohe Konformität mit den Basismodellen vorliegen kann. Insofern wurde sich für eine Stufung entschieden:

Bei 0 - 1 Abweichung pro Schülerin bzw. Schüler über die gesamte Unterrichtseinheit wird eine exzellente Nutzung angenommen, bei 2 - 3 Abweichungen eine gute Nutzung, bei 4 - 5 Abweichungen eine noch akzeptable Nutzung und bei sechs oder mehr Abweichungen eine nicht mehr akzeptable Nutzung. Diese Stufung gilt für die Indikatoren 2.1 bis 2.3.

2.1 Indikator Zielorientierung

Wird jeweils auf ein Basismodell fokussiert bzw. nicht zwischen den einzelnen Basismodellen gewechselt?

2.2 Indikator Reihenfolge

Werden die jeweiligen Handlungskettenschritte eines Basismodells in der richtigen Reihenfolge durchgeführt? Dabei kann zwar auf einen vorherigen Handlungskettenschritt zurückgegriffen werden, Schritte dürfen aber nicht in ihrer Reihenfolge umgedreht werden.

2.3 Indikator Vollständigkeit

Werden die jeweiligen Basismodelle vollständig durchgeführt, also keine Handlungskettenschritte übersprungen oder ausgelassen?

Es wird außerdem davon ausgegangen, dass eine hohe Strukturiertheit unterrichtlicher Lehr-Lernprozesse erreicht werden muss, um die Unterrichtszeit optimal zu nutzen (Stender et al., 2013). Wird nur ein geringer zeitlicher Anteil des Angebots genutzt, muss davon ausgegangen werden, dass keine optimale Passung zwischen dem Angebot und den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler bzw. keine angemessene Struktur vorliegt.

2.4 Indikator Zeit bzw. Time-on-Task

Werden die inhaltlichen Lernmöglichkeiten bei einem nach den o.g. Basismodellen strukturierten Lernangebot zeitlich angemessen ($\geq 75\%$) genutzt (Time-on-Task)?

Um die Frage zu beantworten, muss geklärt werden, wie hoch der angemessene Zeitanteil der inhaltlichen Lernmöglichkeiten sein sollte, der tatsächlich von den Schülerinnen und Schülern genutzt wird. Mehrere Studien zeigen, dass Schülerinnen und Schüler der Grundschule im Durchschnitt ca. 75% der Unterrichtszeit nutzen bzw. in 75% der Unterrichtszeit aufmerksam dem Unterricht folgen (vgl. z.B. Gabriel, 2014; Helmke & Renkl, 1992). Allerdings wird meist nicht zwischen Unterrichtszeit und inhaltlichem Lernangebot unterschieden. Da sich in dieser Studie die Unterrichtszeit aus organisatorischen Gründen von dem zeitlichen Anteil inhaltlicher Lernmöglichkeiten unterscheidet, wird hier der Anteil der Nutzung des inhaltlichen Lernangebots als Maßstab festgelegt.

Der Indikator wird somit als zutreffend angesehen, wenn 75% oder mehr des inhaltlichen Lernangebots genutzt wird und als nicht zutreffend, wenn weniger als 75% genutzt wird (trifft zu $\geq 75\%$, trifft nicht zu $\leq 75\%$).

Die Forschungsfrage beinhaltet außerdem den Aspekt der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS. So sollte nicht nur 75% des gesamten Lernangebots genutzt werden, sondern explizit auch die reflektierenden HKS. Denn nur so kann sichergestellt werden, dass sich der Großteil der 75% des genutzten Lernangebots nicht auf die handelnd-aktiven HKS fokussiert.

Hypothese 2b:

Die Schülerinnen und Schüler nutzen das Angebot der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zu einem prozentual hohen Zeitanteil.

Dafür werden alle Intervalle, in denen reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS eines Basismodells angeboten werden, addiert und die Summe als 100% angenommen. Die Hypothese wird als zutreffend angesehen, wenn die Schülerinnen und Schüler dieses Angebot der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS im Mittel zu mindestens 75% oder mehr nutzen (trifft zu, wenn Mittelwert $\geq 75\%$, trifft nicht zu, wenn Mittelwert $\leq 75\%$).

Denn nutzen Schülerinnen und Schüler, wie oben erwähnt, normalerweise 75% des Unterrichtsangebots, so sollte dies auch für die jeweiligen HKS gelten, in diesem Fall den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS.

8.3 Dritte Forschungsfrage: Ebene des Ertrags bzw. der Wirkung

F3 Inwiefern führt eine Unterrichtseinheit, die anhand der drei o.g. Basismodelle tiefenstrukturiert ist, zu einem Lernerfolg? (Ebene des Ertrags/der Wirkung)

Dem Unterrichtsangebot folgen zu können, ist nicht gleichbedeutend mit Lernen. Versucht man eine möglichst effektive Lernumgebung zu entwickeln, ergibt sich damit verbunden die Frage, auf welche Output-Variable das Lernen ausgerichtet sein soll. Nach dem Modell Helmkes (2009, vgl. Kapitel 3.4) sind das jene Variablen, die unter dem Aspekt der *Wirkung* oder des *Ertrages* des Unterrichts zu sehen sind. Denn obwohl die Forschung zur Unterrichtsqualität mittlerweile gut begründet und auch angesehen ist (vgl. z.B. Fischer & Neumann, 2012, 4), wird gerade auch in der Grundschuldidaktik die reine Fokussierung auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler kritisiert (vgl. z.B. Einsiedler, 1997; Franz, 2008, 49). Andere Dimensionen des Lernens, wie z.B. kognitive Aktivierung, Motivations- und Interessensförderung, soziale Aspekte etc. (vgl. Fischer & Neumann, 2012, 4) sind ebenfalls wichtige Effekte von Unterrichtsqualität und können für kindliches Lernen eine große Rolle spielen. Gerade im Sachunterricht der Grundschule sind die Zielsetzungen multikriterial zu verstehen (vgl. Kapitel 3). Allerdings sind diese Aspekte eher schwierig in einem Modell zu verorten, da sie bis heute wenig empirisch erforscht wurden (Fischer & Neumann, 2012, 4). Zudem besteht zwischen dem *Unterrichtsangebot* und der *Wirkung* des Unterrichts keine Kausalbeziehung (vgl. Helmke, 2009).

Insofern muss bei der Auswahl der Zielvariablen die Überlegung im Vordergrund stehen, auf welche Variablen eine Sequenzierung auf der Tiefenstrukturebene überhaupt Auswirkungen erwarten lassen. Da es sich um eine kognitive Strukturierung handelt, das Lernen

also als eine Kette kognitiver Handlungen angesehen wird, liegt die Annahme nahe, dass auch die Auswirkungen eher auf der Seite der kognitiven Fähigkeiten als auf motivationaler und volitionaler Ebene zu finden sind. Daraus ergibt sich deklaratives und konzeptionelles Wissen als Output-Variable (Forschungsfrage 3.1).

Trotzdem werden die Kritik an rein kognitiv ausgerichteten Studien und die multikriteriale Anlage der Sachunterrichtsziele durchaus ernst genommen (Forschungsfrage 3.2). Es kann zwar wenig über die genauen Ursache-Wirkungsgefüge multikriterialer Zielsetzungen ausgesagt werden, ergeben sich allerdings größere Schwankungen z.B. im Interesse der Schülerinnen und Schüler, ist eine Korrelation mit der Planung auf Grundlage der Basismodelle nicht auszuschließen. In einer Folgestudie sollte dieser Aspekt dann genauer untersucht werden, da sich ein in der Grundschule gewecktes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen bis in die weiterführenden Schulen auswirkt (vgl. Kapitel 5.5).

Da naturwissenschaftliche Themen und Inhalte genderspezifische Unterschiede bergen und teilweise fördern bzw. gar verstärken können (vgl. Kapitel 5.5), wird angestrebt, sowohl die Mädchen als auch die Jungen gleichermaßen in ihrem Lernprozess zu unterstützen, was sich in geringen Unterschieden zwischen Jungen und Mädchen in Lernerfolg und Interesse äußern würde (bzw. nicht signifikanten Unterschieden, Forschungsfrage 3.3).

3.1 Zu welchem Lernerfolg im Bereich des deklarativen und konzeptuellen Wissens führt eine nach den o.g. Basismodellen geplante Unterrichtseinheit zum Thema „Verdunstung und Kondensation“?

Da die Tiefenstruktur in der Unterrichtsplanung immer eine Rolle spielt, die Basismodelle also nicht punktuell im Rahmen einzelner Stunden einbezogen werden, wird eine ganze Unterrichtseinheit zu Grunde gelegt. Eine Kombination verschiedener Basismodelle entspricht der idealtypischen Anwendung im Unterricht.

Hypothese 3.1.a:

Eine nach den o.g. Basismodellen geplante Unterrichtseinheit führt zu einem moderaten Lernerfolg im Bereich des deklarativen und konzeptuellen Wissens.

Vergleichbare Studien zeigen für den physikbezogenen Grundschulunterricht, bzw. für direkte Instruktion im Allgemeinen, Effekte von Cohens $d \geq .56$ (vgl. Hackling et al., 2007) bzw. $d \geq .59$ (vgl. Hattie, 2009). Literaturkonform wird deshalb die Hypothese 3.1a angenommen, wenn die Schülerinnen und Schüler im Mittel signifikant dazulernen ($p < .05$) wobei eine Effektstärke ab Cohens $d \geq .5$ als moderater Lernerfolg gewertet wird (vgl. z.B. Field, 2013, 80).

Da gerade in der Grundschule eine hohe Heterogenität an unterschiedlichen Lernvoraussetzungen herrscht, muss sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler vom Unterrichtsangebot profitieren. Da die Basismodelle reflektierende und kognitiv ausgerichtete HKS beinhalten, muss insbesondere sichergestellt werden, dass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten gleichermaßen dazulernen. Es wird davon ausgegangen, dass dies möglich ist. Daraus ergibt sich die nächste Hypothese.

Hypothese 3.1.b:

Sowohl Schülerinnen und Schüler mit höheren als auch mit niedrigeren kognitiven Fähigkeiten profitieren in Bezug auf ihre Lernleistung von der nach den o.g. Basismodellen geplanten Unterrichtseinheit.

Die Schülerinnen und Schüler werden nach ihren kognitiven Fähigkeiten in drei Gruppen unterteilt. Die Hypothese 3.1b wird angenommen, wenn alle Gruppen signifikant dazulernen ($p < .05$), bei einer kleinen bis mittleren Effektstärke (Cohens $d \geq .2$). Durch die Anpassung der Effektstärke wird das unterschiedliche Lernpotential der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt, da es sich bei den o.g. Orientierungswerten immer um Durchschnittswerte über alle Lernenden hinweg handelt.

3.2 Inwiefern unterscheidet sich das Interesse der Schülerinnen und Schüler an naturwissenschaftlichen Themen vor und nach der Unterrichtseinheit (MZIP 1 und 2)?

Bei dieser Frage geht es um das persönliche Interesse der Schülerinnen und Schüler an physikalischen Themen, welches explizit als Zielkategorie im Sachunterricht (vgl. Kapitel 3.2) und als Teil fachlicher Kompetenzen gilt (Weinert, 2001). Prinzipiell ist davon auszugehen, dass das Interesse innerhalb einer Unterrichtseinheit im Physikunterricht bzw. physikbezogenen Sachunterricht relativ konstant bleibt bzw. leicht abnimmt (vgl. z.B. Göhring, 2010; Kauertz et al., 2011), wobei Unterrichtseinheiten mit dem primären Ziel der Interessensförderung an dieser Stelle ausgenommen werden.

Hypothese 3.2:

Im Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen MZIP 1 und MZIP 2.

Die Hypothese wird angenommen, wenn sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem ersten und zweiten Messzeitpunkt zeigen ($p > .05$). Als Referenzwert für die hier vorliegende Studie dient der Wert der PLUS-Studie, aus der die Interessensskala übernommen

und ergänzt wurde (Kauertz et al., 2011). Hier wurde ein leichter Interessensabfall mit zu vernachlässigender Effektstärke nachgewiesen (Cohens $d \geq -0.16$).

3.3 Inwiefern zeigen sich Unterschiede im Lernerfolg und Interesse (siehe 3.1 und 3.2) zwischen Mädchen und Jungen?

Wie in Kapitel 5.5 bereits beschrieben, bilden Gender-Aspekte eine wichtige Dimension didaktischen Denkens, Planens und Handelns. Gerade handlungsintensive Arbeitsformen scheinen besonders wichtig, um die Interessen von Mädchen und Jungen zu berücksichtigen (vgl. ebd.). Da die Basismodelle allerdings explizit nicht nur handelnde Phasen, sondern eben auch reflektierende und kognitiv orientierte, muss sichergestellt sein, dass Mädchen und Jungen gleichermaßen von dem Angebot profitieren.

Hypothese 3.3a:

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem *Lernerfolg* von Mädchen und Jungen.

Die Hypothese wird angenommen, wenn sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Lernerfolg von Mädchen und Jungen zeigen ($p > .05$).

Hypothese 3.3b:

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem *Interesse* an naturwissenschaftlichen Themen bei Mädchen und Jungen.

Die Hypothese wird angenommen, wenn sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Interesse an naturwissenschaftlichen Themen bei Mädchen und Jungen zeigen ($p > .05$).

„Therefore, video analysis plays an important role in closing the gap between intervention and its effect on learning outcomes and makes it possible to make suggestions for improving quality of instruction empirically.“

Fischer & Neumann (2012, 28)

9 Methodischer Aufbau der Studie

Im Folgenden wird das Design der Studie und die damit verbundenen Aspekte der Stichprobe, Datenerhebung und Datenerfassung vorgestellt. Dabei wird ausführlich auf die Erfassung der Lernprozess-Sequenzierung eingegangen, da daraus die zentralen Variablen entstehen. Die standardisierten Tests werden nur überblicksartig dargestellt, da nähere Informationen bei Bedarf den dazugehörigen Handbüchern zu entnehmen sind. Abschließend wird auf die Datenauswertung eingegangen.

9.1 Design der Studie

Da es bei den Forschungsfragen um die Eignung der Basismodelle in der Schule geht, wurde die Studie als quasi-experimentelle Feldstudie im Prä-Post-Design angelegt. Eine Feldstudie ist vor allem dann angemessen, wenn die externe Validität, also vereinfacht ausgedrückt die Generalisierbarkeit, eine wichtige Rolle spielt. Die Intervention besteht aus einer Unterrichtseinheit, die nach den Basismodellen LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN tiefenstrukturiert wurde.

Die Forschungsfragen 1 und 2 legen zudem einen explorativen Ansatz nahe, denn die fehlenden empirischen Studien in diesem Bereich lassen keine Hypothesen im Sinne von begründeten, theoriegeleiteten Vermutungen zu. Dass eine Kontrollgruppe bei diesem explorativen Ansatz wenig Mehrwert hat, ist einer der Gründe, warum sich gegen ein Kontrollgruppendesign entschieden wurde. Neben dem erheblichen Mehraufwand hätte ein Kontrollgruppendesign auch bedeutet, die Tiefenstruktur so zu verändern, dass sie nicht mehr schlüssig ist, was auch ein ethisches Problem für die Lehrperson darstellt und sich wiederum konfundierend auf andere Variablen (z.B. Motivation und Engagement der Lehrperson) auswirken kann. Andererseits wird damit in Kauf genommen, dass ein Prä-Post-Design ohne Kontrollgruppe zu Lasten der internen Validität geht, was wiederum Auswirkungen auf die Forschungsfrage 3 haben kann, da keine eindeutigen Kausalaussagen getroffen werden können.

Als Thema für die Unterrichtseinheit, die auf der Grundlage der Basismodelle entwickelt werden soll, wird „Verdunstung und Kondensation“ gewählt. Neben der curricularen Passung war das ausschlaggebende Kriterium für die Themenwahl, dass hierfür ein bereits empirisch validiertes, aktuelles Testinstrument zu deklarativem Wissen und konzeptionellen Verständnis aus dem PLUS-Projekt vorliegt (Kauertz et al., 2011).

Die für die Forschungsfrage 1 (Angebotsseite) entscheidende Variable der angebotenen Tiefenstruktur wird mithilfe von Unterrichtsaufnahmen erhoben. Diese werden anhand eines Kodiermanuals analysiert, das von geschulten, externen Kodierern angewendet wird. „Extern“ bedeutet hier, dass die Kodierer weder an Unterrichtsplanung noch -durchführung beteiligt sind.

Auch für die Forschungsfrage 2 (Nutzung) werden Unterrichtsaufnahmen genutzt und ebenso anhand eines (anderen) Kodiermanuals analysiert. Allerdings ist hier zu beachten, dass aus Ressource-Gründen nicht alle Schülerinnen und Schüler untersucht werden können, sondern maximal 20-25. Um eine Auswahl von Extremgruppen treffen zu können (siehe Kapitel 9.4.4), werden zusätzlich das Interesse und die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erhoben. Die Bildung von Extremgruppen ist in diesem Fall einer randomisierten Auswahl vorzuziehen: Wenn Schülerinnen und Schüler mit an beiden Enden des Spektrums liegenden Voraussetzungen den angebotenen Basismodellen folgen können, dann ist anzunehmen, dass auch die Schülerinnen und Schüler im mittleren Bereich es können. Wenn eine oder gar beide der Gruppen nicht folgen können, dann muss die mit den Basismodellen vorliegende Tiefenstruktur für diesen Bereich des Sachunterrichts adaptiert werden.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3 wird der Test zum deklarativen Wissen und konzeptionellen Verständnis aus der PLUS-Studie eingesetzt (Kauertz et al., 2011). Da Interesse eine wichtige Zielvariable des Sachunterrichts bildet, wird es ebenfalls erhoben. Hierfür wird eine adaptierte Interessensskala der PLUS-Studie (ebd.) verwendet. Zudem wird die Lesefähigkeit als Kontrollvariable erhoben.

In der folgenden Tabelle (Tabelle 10) werden die Variablen und Testinstrumente noch einmal im Überblick dargestellt:

Variable	Stichprobe	Datenquelle	Instrument
Angebotene Tiefenstruktur	Lehrperson (Projektmitarbeiterin)	Unterrichtsvideos, von drei externen, geschulten Kodierern kodiert	Kodiermanual 1 zu den Basismodellen und ihren Schritten - Angebot (Eigenentwicklung bzw. Adaption vorhandener Manuale)
Genutzte Tiefenstruktur	Extremgruppen (20-25 Schülerinnen und Schüler)	Unterrichtsvideos, von drei externen, geschulten Kodierern kodiert	Kodiermanual 2 zu den Basismodellen und ihren Schritten - Nutzung (Eigenentwicklung bzw. Adaption vorhandener Manuale)
Interesse	5 Klassen (ca. 120 Schülerinnen und Schüler)	Schriftliche Schülerantworten	Fragebogen (adaptiert nach Kauertz et al., 2011)
Kognitive Fähigkeiten	5 Klassen (ca. 120 Schülerinnen und Schüler)	Schriftliche Schülerantworten	CFT 20-R (Weiß, 2006)
Lesefähigkeit	5 Klassen (ca. 120 Schülerinnen und Schüler)	Schriftliche Schülerantworten	ELFE (Lenhard & Schneider, 2006)
Lernleistung (Ertrag/Wirkung)	5 Klassen (ca. 120 Schülerinnen und Schüler)	Schriftliche Schülerantworten	Test zu deklarativem Wissen und konzeptionellem Verständnis (PLUS-Studie, Kauertz et al., 2011)

Tabelle 10: Überblick über die Variablen und die dazugehörigen Erhebungsinstrumente

Sowohl die entwickelte Unterrichtseinheit als auch die neu entwickelten bzw. adaptierten Manuale wurden jeweils in Pilotstudien auf ihre Eignung überprüft und bei Bedarf überarbeitet.

9.2 Stichprobe

Anhand einer statistischen Poweranalyse des Programms G*Power wird unter den angenommenen Voraussetzungen eine Stichprobengröße von 90 Schülerinnen und Schülern vorgeschlagen (α -Fehler= .05 (zweiseitig), β -Fehler= .95, einer erwarteten mittleren Effektstärke Cohens $d \approx .35$ für Mittelwertsunterschiede bei verbundenen Stichproben). Da allerdings bei einer längeren Interventionsstudie immer mit krankheitsbedingten und sonstigen Ausfällen zu rechnen ist, wurde sich für eine Stichprobe von fünf Klassen, also ca. 120 Schülerinnen und Schülern, entschieden.

Für die Durchführung der Studie konnten fünf Klassen der vierten Jahrgangsstufe an drei verschiedenen Schulen in Essen gewonnen werden. Alle Schulen befinden sich im urbanen Einzugsgebiet, wobei unterschiedliche Stadtteile Essens berücksichtigt wurden.

Insgesamt nahmen 120 Schülerinnen und Schüler an der Studie teil. Da die Datenerhebung sich über insgesamt sieben Testzeitpunkte erstreckt (jeweils ein Termin für Prä- und Posttest sowie fünf Videotermine), kam es an Einzelterminen zu hauptsächlich krankheitsbedingten, in Einzelfällen technisch bedingten, Ausfällen einiger Probandinnen und Probanden. Schülerinnen und Schüler, die zu einem oder mehreren Testzeitpunkten gefehlt haben, wurden von der Auswertung ausgeschlossen, da das Studiendesign ganze Datensätze erfordert. Somit bleiben als Grundgesamtheit 107 Schülerinnen (n= 43) und Schüler (n= 64), von denen ganze Datensätze vorliegen, d.h. der Prä- und Posttest sowie alle fünf videograferten Doppelstunden der Unterrichtseinheit.

Das Durchschnittsalter lag bei 10 Jahren (genauere Angaben siehe Tabelle 11).

Alter in Jahren		Geschlecht		Gesamt
		Mädchen	Junge	
	8	3	3	6
	9	29	41	70
	10	11	18	29
	11	0	2	2
Gesamt		43	64	107

Tabelle 11: Altersübersicht der Probanden

Auf eine individuelle Erfragung des Migrationshintergrundes wurde verzichtet. Allerdings wurde von den Klassenlehrerinnen von drei der fünf Klassen angegeben, dass ca. die Hälfte der Schülerinnen und Schüler über einen migranten Hintergrund verfügen. Etwas enger als in der PISA Studie definiert, bedeutet das in diesem Fall, dass mindestens ein Elternteil zugewandert ist und/oder Deutsch nicht die Umgangssprache in der Familie ist (vgl. Baumert et al., 2001, 46). Allerdings nahmen keine Schülerinnen und Schüler teil, deren Muttersprache nicht Deutsch ist und die weniger als ein Jahr in Deutsch unterrichtet wurden (vgl. ebd., 35).

9.3 Datenerhebung

Die Daten wurden von Oktober 2011 bis Februar 2012 erhoben, also im ersten Halbjahr der vierten Jahrgangsstufe.

Die Testungen und Durchführungen der Intervention fanden jeweils in einem Zeitrahmen von fünf Wochen statt, damit sich evtl. ergebende Zeiteffekte konstant gehalten werden konnten (Tabelle 12):

Zeitraum	Doppelstunden	Datenerhebung
1. Woche	1	Erhebung des Vorwissens und der Kontrollvariablen
2.- 4. Woche	5	Durchführung der Unterrichtseinheit
5. Woche	1	Erhebung des Wissens und des Interesses

Tabelle 12: Überblick über die zeitliche Durchführung

Die Lehrerinnen wählten den Erhebungen teilweise aus versicherungstechnischen und schulorganisatorischen Gründen bei, die Unterrichtseinheit wurde aber immer von derselben Projektmitarbeiterin durchgeführt. So konnte die Lehrervariable konstant gehalten und gewährleistet werden, dass die Tiefenstrukturebene in jeder Klasse möglichst gleichbleibend berücksichtigt wurde.

Auch die Erhebungen der Paper-and-Pencil-Tests wurden immer von der Autorin selbst nach einem standardisierten, durch die Testinstrumente vorgegebenen Verfahren durchgeführt.

Einen Überblick über alle erhobenen Daten gibt Tabelle 13:






Pre 	Intervention  	Post 
deklaratives Wissen und konzeptionelles Verständnis (26 Items) Interesse (5 Items) Kognitive Fähigkeiten (CFT 20-R, Subskala 1) Lesefähigkeit (ELFE)	6 Videokameras und 6 Mikrofone in jeder Doppelstunde (1 Lehrer und 5 Gruppentische)	deklaratives Wissen und konzeptionelles Verständnis (26 Items) Interesse (5 Items)
	 Kopien der Schüleraufzeichnungen	

Tabelle 13: Überblick über die erhobenen Daten

Auch wenn zusätzliche Informationen z.B. zum sozioökonomischen Status oder auch zur zu Hause gesprochenen Sprache interessant gewesen wären, wurde sich zu Gunsten einer kürzeren Testzeit gegen die Erhebung dieser Daten entschieden.

9.3.1 Kamerasetting

Helmke, Helmke, Heyne et al. (2007, 20) kritisieren, dass traditionelle Unterrichtsforschung meistens auf diejenigen Schülerinnen und Schüler fokussiert, „die gerade ‚dran‘ sind“. Sie beziehen sich auf eine Studie von Nuthall (2006), in der gezeigt werden konnte, dass nur 14% aller Schüleräußerungen auf die Kommunikation mit der Lehrperson entfiel, jedoch 69% auf Gespräche mit anderen Schülerinnen und Schülern (Nuthall, 2006). Helmke et al. (2007, 20) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass ein Fehler sei, „mit dem ‚Angebot‘ ausschließlich die erwachsene Lehrperson zu assoziieren“. Auch Schülerinnen und Schüler können den Autoren nach auf unterschiedliche Arten erfolgreich Lehrfunktionen übernehmen (ebd.).

Trotz des erheblichen Aufwandes wurden deshalb insgesamt sechs Kameras und Mikrophone in den Klassenräumen installiert, um Schüleräußerungen und -handlungen möglichst umfassend videografieren und analysieren zu können. Dabei wurden die Tische in den Klassenräumen so aufgebaut, dass jeweils drei bis fünf Schülerinnen und Schüler an einem Gruppentisch sitzen konnten. Pro Gruppentisch wurden eine Kamera und ein Mikrophon fest installiert. Die Lehrperson hatte ein eigenes Mikrophon, eine flexible Kamera ist der Lehrperson gefolgt, sodass Tafelanschriften, Klassengespräche, Einzelgespräche mit Schülerinnen und Schülern etc. gleichermaßen videografiert werden konnten.

9.3.2 Überblick über die Unterrichtseinheit zur Verdunstung und Kondensation

Die Tiefenstrukturebene der Unterrichtseinheit zum Thema *Verdunstung und Kondensation* besteht aus den o.g. drei Basismodellen LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN, die sich jeweils über eine Doppelstunde bzw. über eine 90-Minuten-Stunde (je nach Rhythmus der Schulen) erstrecken:

Stunde* 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Konzeptbilden	Lernen durch Eigenerfahrung	Konzeptbilden	Lernen durch Eigenerfahrung	Problemlösen

*Tabelle 14: Die der Unterrichtseinheit zu Grunde liegenden Basismodelle, *Stunde = 90-Minuten-Doppelstunde*

Da die Klassen über unterschiedliche Vorerfahrungen mit dem Thema verfügten, wurde als erste Tiefenstrukturebene das KONZEPTBILDEN gewählt. So konnte zum einen das Vorwissen noch einmal im Klassenrahmen erfragt werden und zum anderen eine Art Baseline in Bezug auf grundlegendes Wissen um Aggregatzustände und ihre Übergänge geschaffen werden. Darauf konnten dann die folgenden Stunden aufgebaut werden. Das Problemlösen bildet

den Abschluss, da hierbei das zuvor Gelernte angewendet werden konnte bzw. das Lösen des Problems durch Vorwissen erleichtert wurde (wobei dieses jedoch keine zwingende Voraussetzung bildet).

Inhaltlich wird auf die Aggregatzustände *fest*, *gasförmig* und *flüssig* sowie auf die Übergänge *schmelzen*, *gefrieren*, *verdunsten* und *kondensieren* fokussiert und diese hauptsächlich anhand von Wasser verdeutlicht. Trotz der besonderen Eigenschaften von Wasser, welche es nicht unbedingt zu einem exemplarischen Lerngegenstand machen, bietet der tägliche Umgang mit Wasser einen starken Lebensweltbezug und damit eine breite Erfahrungsbasis für Schülerinnen und Schüler im Grundschulalter.

Die folgende Tabelle (Tabelle 15) gibt einen Überblick über die inhaltlichen Fokusse sowie die Fokusse der reflektierenden und kognitiv ausgerichteten HKS der Unterrichtseinheit:

Std.	Basismodell	Inhaltlicher Fokus	Fokus der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS
1	KONZEPTBILDEN	Begriffe zu Übergängen zwischen Aggregatzuständen durch Erwärmen und Abkühlen	Abgrenzung zu anderen Phänomenen wie dem Lösen von Stoffen
2	LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG	Verhältnis von Wärmezufuhr und Temperaturanstieg mit Fokus auf die Zustandsübergänge erfahren	Vergleich zwischen den Erfahrungen der Kleingruppen, Übertragung auf Beispiele aus Umwelt und Technik
3	KONZEPTBILDEN	Teilchenvorstellung als Konzept zur Erklärung von unterschiedlichen Zuständen und Übergängen	Übertrag auf die symbolische Ebene/ Modellebene
4	LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG	Bedingungen von Verdunstung erfahren	Vergleich der Erfahrungen der Kleingruppen, Erklärungsansätze der Bedingungen mithilfe des Teilchenmodells
5	PROBLEMLÖSEN	Problemstellung: Ein Handtuch möglichst schnell trocknen	Wissen um den Einfluss von Temperatur und Oberfläche auf Verdunstung (bzw. Trial-and-Error)*, Variablen kontrollieren, Lösungswege dokumentieren und evaluieren

*Tabelle 15: Überblick über die Unterrichtseinheit „Verdunstung und Kondensation“, *In der 5. Stunde, der das Basismodell Problemlösen zu Grunde liegt, haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, vorhandenes Wissen entweder anzuwenden oder die Aufgabe durch Ausprobieren zu lösen.*

9.4 Erfassung der Lernprozess-Sequenzierung anhand der Unterrichtsvideos

9.4.1 Analyse von Unterrichtsvideos

Je nachdem, welches Ziel mit der Analyse von Unterrichtsvideos verfolgt wird, können unterschiedliche Verfahren angewendet werden. Ein viel beachteter Unterschied bei der Analyse von Unterricht ist der zwischen quantitativer und qualitativer Herangehensweisen. Allerdings ist dieser Unterschied häufig nicht besonders trennscharf (Fischer & Neumann, 2012,13). Eine Unterscheidung anhand der bloßen Stichproben-Größe ist weder ausreichend noch sinnvoll, um das Potential beider Herangehensweisen zu charakterisieren (vgl. ebd.). Einen Versuch, überblicksartig qualitative und quantitative Ansätze zu vergleichen, unternehmen Fischer und Neumann (2012, 13, Tabelle 16).

Dimensions	Qualitative	Quantitative
Perception (ontological assumption)	Dynamic	Static
Gaining knowledge (epistemological assumption)	Reconstructive	Rule based
Perspective	From inside	From outside
Focus	Holistic	Partial
Theory	Discovery	Confirmation
Conditions of inquiry	Field	Controlled, experimental
Generating data	Subjective	Objective
Main type of data	Verbal	Numeric
Units of analysis	Cases	Statistical aggregates
Results	Valid, reliable	Reliable, valid

Tabelle 16: Features of the Qualitative and Quantitative Approach (Fischer & Neumann, 2012, 13)

Über die einzelnen Dimensionen in dieser Tabelle kann durchaus diskutiert werden: So muss z.B. das Generieren der Daten bei einem qualitativen Ansatz nicht immer subjektiv sein, und gerade im Bereich der Unterrichtsforschung lässt sich diskutieren, ob es sich bei der Analyse von Unterricht tatsächlich um kontrollierte, experimentelle Bedingungen im herkömmlichen Sinne handelt. Der entscheidende Aspekt bei der Planung einer Studie ist m.E. jedoch, inwiefern bereits ausreichend Wissen, z. B. in Form von Modellen, über den konkreten Forschungsgegenstand bereit steht, d.h. inwiefern die zu planende Studie *theoriegenerierend* oder *theoriegeneriert* angelegt ist. Die Auswirkungen auf die anderen Dimensionen liegen auf der Hand: wenn eine konkrete Theorie zu Grunde liegt, kann auch

sehr fokussiert vorgegangen werden. Bei hypothesenprüfenden Studien sind die unabhängigen und abhängigen Variablen klar definiert, die Daten können anhand der zu Grunde liegenden Theorie(n) quantifiziert werden. Die Forschungsfragen 1.1 und 1.2 in der vorliegenden Studie sind explorativ angelegt. Allerdings stellen die Theorie der Basismodelle und die dazu bereits vorliegenden empirischen Studien ausreichend Vorwissen zur Verfügung, um den Untersuchungsfokus, d.h. die Tiefenstruktur, so zu operationalisieren, dass sie quantifiziert werden kann. Im Fall dieser Studie hat die quantitative Analyse den Vorteil, dass die Stichprobe im Gegensatz zu einer vergleichbaren qualitativen Studie größer angelegt werden kann und damit zu einem eher verallgemeinerbaren Ergebnis führt.

9.4.2 *Ansätze zur quantitativen Analyse von Unterrichtsvideos*

Um die Forschungsfragen auf quantitativer Ebene zu beantworten, muss ein systematisches Beobachtungssystem entwickelt werden. Bei quantitativen Unterrichtsanalysen auf Videobasis kann zwischen zwei Verfahren unterschieden werden, Rating- und Kodierverfahren. Bei Rating-Verfahren wird ein Merkmal über eine gesamte Analyse-Einheit beurteilt (z.B. Praetorius, Lenske, G., & Helmke, A., 2012). Ein solches Verfahren bietet sich an, wenn z.B. Rückschlüsse auf die Qualität eines Unterrichts-Merkmals gezogen werden sollen: Items werden auf einer Likert- bzw. Ordinal-Skala über eine ganze Schulstunde, Unterrichtseinheit o.ä. beantwortet, z.B. „The teacher treated the students in a friendly way“ (Praetorius et al., 2012, 391).

Bei Kodierungen hingegen wird die jeweilige Analyse-Einheit (z.B. eine Schulstunde) in Untereinheiten unterteilt, die wiederum in Bezug auf dasselbe Merkmal kodiert werden (vgl. z.B. Seidel, Prenzel, & Kobarg, 2005; Fischer & Neumann, 2012). Bei den Untereinheiten kann es sich um Intervalle handeln, d.h. um Einheiten, die ausschließlich zeitlich bestimmt werden oder um Events, also z.B. Inhalts- oder Prozess-Abschnitte (Seidel et al., 2005). Häufig sind die Items, die der Kodierung zu Grunde liegen, nominal-skaliert und disjunkt, d.h. die einzelnen Kategorien bestehen unabhängig voneinander. Ein solches Verfahren bietet sich an, wenn z.B. Prozessverläufe beschrieben werden, sich Merkmale also zeitbasiert ändern oder wenn zeitliche Abläufe relevant sind.

Da bei der hier vorliegenden Studie der Prozesscharakter eine große Rolle spielt, wenn es z.B. auf die Reihenfolge der einzelnen Schritte der Basismodelle ankommt, sowie der zeitliche Aspekt bei der Nutzung des Unterrichtsangebots relevant ist, sollte eindeutig ein Kodierverfahren angewendet werden. Im Fall dieser Studie handelt es sich bei dem o.g. Beobachtungssystem also um ein Kodier-Manual, anhand dessen vier geschulte Beobachter theoriegeleitet einzelne Zeitabschnitte jedes Videos beurteilen bzw. kodieren.

Zudem lässt sich zwischen der Tiefe der Interpretation unterscheiden, d.h. inwiefern die zu analysierenden Merkmale direkt beobachtbar (niedrig-inferent) sind oder einer gewissen

Interpretation bedürfen (mittel- bis hoch-inferent). Beispiele für niedrig-inferente Kodierungen sind konkrete Lehrer- und Schülerhandlungen (vgl. z.B. Fischer & Neumann, 2012, 17), Sozialformen (z.B. Gruppenarbeit, Partnerarbeit, Einzelarbeit) etc., d.h. Merkmale, die auf der Sichtstruktur-Ebene entscheidbar sind (ebd.). Hoch-inferente Kodierungen liegen dann vor, wenn z.B. etwas über die Angemessenheit einer Lehrerhandlung (z.B. Fricke, in Druck.), Ziele und Intentionen von Lehrerinnen und Lehrern oder kognitive Prozesse von Schülerinnen und Schülern ausgesagt werden soll, also Entscheidungen auf der Tiefenstruktur-Ebene (vgl. z.B. Fischer & Neumann, 2012, 17).

Allerdings lässt sich diskutieren, ob Manuale, die Tiefenstruktur-Merkmale sehr detailliert operationalisieren, nicht als mittel- oder gar niedrig-inferent gelten sollten, da sie wenig Interpretations-Spielraum lassen. Es kann demnach angedacht werden, ob sich Inferenz auf die Ebene des Konstruktes bezieht oder aber auf die Ebene des Manuals. Im Fall dieser Studie lassen sich die Basismodelle und damit verbundenen Kategorien der Tiefenstruktur auf der Konstrukt-Ebene als hoch-inferent einordnen. Da das Manual jedoch die einzelnen Variablen detailliert operationalisiert, kann auch von einer mittel- bis hoch-inferenten Kodierung gesprochen werden. Das spielt u.a. auch dann eine Rolle, wenn es um die Einordnung der Interrater-Reliabilitäten geht, da bei einer niedrig- oder mittel-inferenten Kodierung eine höhere Übereinstimmung erwartet werden kann.

9.4.3 Instrumente zur Analyse von Tiefenstrukturen im Unterricht

Für den Physik- und Sachunterricht liegen bereits Studien vor, in denen Video-Kodiermanuale für die Analyse von Unterricht entwickelt bzw. adaptiert wurden (Reyer, 2004; Gerber, 2007; Wackermann, 2008; Ohle, 2010; Geller, 2015). Rey (2004), Wackermann (2007) und Ohle (2010) beziehen ihre theoretische Grundlage aus einer Veröffentlichung Osers und Patrys (1990), Gerber und Geller dagegen stützen sich auf eine neuere, überarbeitete Version der Basismodell-Theorie (Oser & Baeriswyl, 2001).

Für diese Studie wurde sich auf die neuere Veröffentlichung und damit auf das aktuellere Verständnis der Basismodelle gestützt. Zudem ist es in dieser Studie besonders relevant, dass die Hands-on-Aktivitäten den jeweiligen Funktionen der Basismodelle zugeordnet werden können. Das Manual Wackermanns (2008), das auch Ohle (2010) in ihrer Studie verwendet, ist an dieser Stelle nicht ausführlich genug, um die Funktion „Durchführung der Handlung“ des Basismodells LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG von anderen Hands-on-Aktivitäten abzugrenzen. So kann im Zweifelsfall z.B. nicht zwischen einer Hands-on-Aktivität des Basismodells KONZEPTBILDEN mit der Funktion „Darstellung eines Prototyps“ und einer Hands-on-Aktivität des Basismodells LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG mit der Funktion „Durchführung der Handlung“ unterschieden werden.

Das Manual Gerbers (2007), das auch der Arbeit Gellers (2015) zu Grunde liegt, ist explizit auf den Physikunterricht der Sekundarstufe ausgerichtet, insofern konnte es in diesem Fall nicht genutzt werden. So wurde für diese Studie ein neues Manual entwickelt, das den Gegebenheiten der Grundschule und den Anforderungen der Forschungsfragen entspricht.

In der vorliegenden Studie wurde sich zwar auf die neuere Veröffentlichung Oser und Baeriswyl (2001) bezogen, allerdings wurde das Basismodell PROBLEMLÖSEN leicht variiert: Ähnlich der älteren Theorie besteht das Basismodell PROBLEMLÖSEN aus fünf Kategorien für die einzelnen Funktionen. Die erste Kategorie des PROBLEMLÖSENS – in der neueren Version zu einer Kategorie zusammengefasst (Problemgenerierung und -präzisierung, Oser & Baeriswyl, 2001) wurde wieder in zwei Kategorien aufgeschlüsselt. Dies liegt darin begründet, dass in der Grundschule noch ein besonderes Augenmerk auf die Versprachlichung gelegt wird. Ein Doppelschritt, wie ein Problem zu generieren und gleichzeitig auch (sprachlich) zu präzisieren, wird als doppelte kognitive Belastung gesehen. So sollte das Problem nach der Generierung, auch wenn es schon entsprechend gedanklich präzisiert wurde, noch einmal ausdrücklich vom Lehrenden oder den Schülerinnen und Schülern sprachlich präzisiert werden. Deshalb gibt es jeweils fünf Kategorien für die Funktionen des KONZEPTBILDENS, des LERNENS DURCH EIGENERFAHRUNG sowie des PROBLEMLÖSENS.

Zudem wurde eine Kategorie „Vorstufe“ eingeführt, in der die Schülerinnen und Schüler an die Thematik erinnert und die letzte Stunde kurz ins Gedächtnis gerufen wurde. Diese Stufe basiert nicht auf der Theorie der kognitiven Prozesse der spezifischen Tiefenstruktur, es geht hier eher um eine Einstimmung in das Thema und darum, den in der Grundschule nicht in jedem Fach üblichen Lehrpersonenwechsel für die Schülerinnen und Schüler nicht zu abrupt zu gestalten. Die Vorstufe grenzt sich von der Kategorie „Aktivierung von Vorwissen“ des Basismodells KONZEPTBILDEN insofern ab, dass bei der Vorstufe nicht spezifisches Wissen für ein zu lernendes Konzept, einen zu lernenden Begriff o.ä. aktiviert wird, sondern eher in der letzten Stunde Gelerntes wiederholt und in das Gesamtthema eingestimmt wird.

Eine weitere Kategorie wurde ergänzt, für den Fall, dass mehrere Funktionen gleichzeitig angeboten werden (Kategorie „Mehrere Funktionen“). Dies ist z.B. dann der Fall, wenn auf einem Arbeitsblatt verschiedene Funktionen eines Basismodells angeboten werden und die Schülerinnen und Schüler sich entscheiden können, wie viel Zeit sie für die jeweilige Aufgabe aufbringen. Diese Kategorie ist vor allem wichtig, wenn es um die Frage der Passung des Lehrangebotes und der Schülernutzung geht.

Die Kategorie Leerstelle wurde benötigt, um eine lückenlose Kodierung zu gewährleisten. Wurde in der vorausgehenden Unterrichtskodierung „weder Basismodell noch Vorstufe“ oder „(technisch bedingt) nicht kodierbar“ gewählt, wurde in der Basismodell-Kodierung „Leerstelle“ kodiert, um sicher zu stellen, dass sich hinterher keine fehlenden Werte ergeben und das entsprechende Intervall nicht vergessen wurde.

Wird die Kategorie „Basismodell“ kodiert, dann muss danach eine der Funktionen der Basismodelle kodiert werden.

Dadurch ergeben sich folgende Kategorien für die Basismodelle (Tabelle 17):

Funktionen von LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG		Funktionen des KONZEPTBILDENS	
Planung einer Handlung	LE_1	Aktivierung von Vorwissen	KB_1
Durchführung dieser Handlung	LE_2	Durcharbeiten des Prototyps	KB_2
Konstruktion von Bedeutung für die Handlung	LE_3	Beschreibung und Abgrenzung des neuen Konzepts	KB_3
Generalisierung der Erfahrung	LE_4	Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept	KB_4
Systematisierung der Erfahrung	LE_5	Anwendung in anderen Kontexten	KB_5
Funktionen des PROBLEMLÖSENS		Sonstige Funktionen	
Problemgenerierung	PL_1	Basismodell	BM
Problempräzisierung	PL_2	Vorstufe	VST
Sammeln von Lösungsvorschlägen	PL_3	Weder Basismodell noch Vorstufe	WN
Testen der Lösungswege	PL_4	Mehrere Funktionen	MF
Transfer des Lösungsweges	PL_5	(technisch bedingt) nicht kodierbar	TB
		Leerstelle	LS

Tabelle 17: Kategorien der Videomanuale

Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist es sinnvoll, jeweils ein Manual für das Angebot auf Lehrerinnenseite sowie für die Nutzung des Angebots auf der Seite der Schülerinnen und Schüler zu entwickeln (siehe Anhang, 16.2 und 16.3). Die Manuale unterscheiden sich nicht in der zugrunde liegenden Theorie, sondern hauptsächlich darin, dass unterschiedliche Indikatoren gegeben sind. Für die Lehrperson basiert das Manual auf der Frage, welche (kognitive) Aktivität von den Lernenden erwartet wird, d.h. welches Teilziel die Lehrperson in dem entsprechenden Intervall verfolgt. Bei den Lernenden liegt der Fokus auf den Kriterien, die erfüllt sein müssen, damit behauptet werden kann, dass sich der entsprechende Schüler oder die Schülerin in diese Kategorie zählen lässt. So kann es vorkommen, dass die Lehrperson die Aktivität einer bestimmten Kategorie intendiert, die einzelnen Schülerinnen und Schüler aber eine ganz andere Aktivität durchführen (z.B. weil etwas falsch verstanden wurde oder weil die Schülerin oder der Schüler mit der vorhergehenden Aktivität noch nicht fertig war etc.).

Die Manuale sind so angelegt, dass die zu analysierenden Intervalle mindestens 30 Sekunden betragen. Unter dieser Zeit ist es – zumindest anhand der vorliegenden Manuale – nicht sinnvoll möglich, die Ziele und Lernaktivitäten der Schülerinnen und Schüler zu interpretieren. Längere Intervalle wären durchaus möglich; für die zu Grunde liegenden Forschungsfragen erlauben kürzere Intervalle jedoch eine präzisere Auswertung. In dieser Studie wurde das Programm Videograph genutzt, die Manuale sind aber ebenso für vergleichbare Video-Analyse-Programme geeignet.

9.4.4 Diskussion der Gütekriterien

Fischer und Neumann (2012, 14ff.) nennen drei Gütekriterien, die für (Video)Studien generell relevant sind und über die in der Literatur Konsens herrscht (vgl. z.B. auch Bortz & Döring, 2006, 195; Rost, 2005, 126 ff.; Wirtz & Nachtigall, 2008, 32; Field, 2009, 11): Objektivität, Reliabilität und Validität. Diese sind voneinander abhängig und bedingen sich gegenseitig (ebd.) und werden auch für Fragebögen und Tests als zentrale Kriterien der Testgüte benannt (z.B. Bortz & Döring, 2006, 195; Wirtz & Nachtigall, 2008, 32).

Da es sich bei den vorliegenden Manualen um neu entwickelte und zudem um die entscheidenden Instrumente dieser Studie handelt, wird in diesem Kapitel etwas ausführlicher auf die diesbezüglichen Gütekriterien eingegangen.

Diskussion der Validität

Die Validität gibt, allgemein formuliert, an, wie gut z.B. ein Fragebogen oder ein Test in der Lage ist, das zu messen, was er zu messen vorgibt (z.B. Bortz & Döring, 2006, 200; Rost, 2005, 133; Field, 2013, 11). Es gibt unterschiedliche Arten von Validität (ebd.), wobei bei den Begrifflichkeiten und der Relevanz der unterschiedlichen Gültigkeitsbestimmungen scheinbar geringe Unterschiede in den Sichtweisen zu bestehen scheinen (ebd.). So nennen Bortz und Döring (2006, 200) nach Schnell, Hill und Esser (1999, 149) die Inhaltsvalidität nicht als Testgütekriterium, sondern als Zielvorgabe, die bei der Konstruktion des jeweiligen Testinstruments berücksichtigt werden sollte, wohingegen Rost (2005, 133) Inhalts- bzw. curriculare Validität als eine Art der Validität benennt.

In der vorliegenden Studie kann eine Inhaltsvalidität angenommen werden, die über eine subjektive Einschätzung der Manuale im Sinne einer Augenscheinvalidität hinausgeht. So konnten zum einen alle Intervalle, in denen eine inhaltliche Lernmöglichkeit vorlag, nach dem Manual zugeordnet werden, was darauf hinweist, dass das zu messende Konstrukt (in diesem Fall die Basismodelle mit ihren jeweiligen HKS bzw. der Vorstufe) erschöpfend erfasst wurde. Zum anderen wurden jeweils eine bis zwei Unterrichtsstunden pro Basismodell von einer außenstehenden Person nach der Basismodelltheorie in Bezug auf das vorliegende Basismodell beurteilt. Das bedeutet, eine projektexterne Person, der nicht das Manual,

jedoch die Theorie anhand der Veröffentlichungen Osers und Baeriswyls (2001) sowie Osers und Patrys (1990) vorlag, konnte in den jeweiligen Doppelstunden das zu Grunde liegende Basismodell zuordnen (vier von vier Doppelstunden wurden eindeutig zugeordnet). Dieses Vorgehen hängt eng mit der Interpretationsobjektivität in Bezug auf die Basismodelle zusammen und lässt die Annahme zu, dass die Manuale im Sinne der Basismodelltheorie Osers und Baeriswyls (2001) erstellt wurden.

Diskussion der Objektivität

Das Kriterium der Objektivität gibt an, inwiefern das Ausmaß der Ergebnisse eines Fragebogens o.ä. vom Anwender unabhängig ist (vgl. z.B. Bortz & Döring, 2006, 200; Rost, 2005, 133). Es kann unterschieden werden zwischen Objektivität in der Durchführung, der Auswertung und der Interpretation.

Die Objektivität der Durchführung bezieht sich auf die Erhebung der Daten und damit nur indirekt auf die Manuale. Die Datenerhebung wurde konstant durch dieselben beiden Projektmitarbeiterinnen durchgeführt (jeweils der Unterricht von einer Projektmitarbeiterin, die Prä- und Posttests durch die Autorin). Die Vorgänge wurden, soweit es die äußeren Rahmenbedingungen erlaubten, nach standardisierten Schemata durchgeführt. Einschränkungen bestehen insofern, dass die Studie sich in den Schulalltag einfügen musste und damit nicht vermieden werden konnte, dass z.B. in der vorhergehenden Stunde eine Klassenarbeit geschrieben wurde oder die Doppelstunden teilweise in der ersten und zweiten bzw. dritten und vierten Schulstunde, teilweise aber auch in der fünften und sechsten Schulstunde durchgeführt werden musste. Das kann z.B. Einfluss auf die Konzentration der Schülerinnen und Schüler haben. Allerdings lassen sich solche Faktoren in Unterrichtsstudien, die nicht unter Laborbedingungen stattfinden, kaum vermeiden. Auf Grund der verhältnismäßig kleinen Stichprobe wird nicht ausgeschlossen, dass diese Faktoren das Ergebnis beeinflussen können. Andererseits wird davon ausgegangen, dass dieser Einfluss zu vernachlässigen ist, da keine Klassenvergleiche vorgenommen werden.

Die Dateneingabe wurde von geschulten studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vorgenommen und stichprobenartig kontrolliert. Die Videoaufnahmen wurden, wie in Kapitel 9.2 beschrieben, von der Autorin in allen Klassen nach demselben Schema durchgeführt, sodass eine Interpretationsverschiebung durch eventuell unterschiedliche Blickwinkel nahezu ausgeschlossen werden kann.

Zur Interpretationsobjektivität wurde im vorangegangenen Absatz schon in Bezug auf die Basismodelltheorie eingegangen. Das Maß der Interrater-Reliabilität hängt ebenfalls eng mit der Objektivität zusammen, denn je höher die Übereinstimmung zweier Kodierer bzw. Kodiererinnen ist, desto eher kann von der Objektivität eines Manuals ausgegangen werden.

Diskussion der Reliabilität

Prinzipiell geben Maße der Reliabilität die Genauigkeit an, mit der ein geprüftes Merkmal gemessen wird (z.B. Bortz & Döring, 2006, 196). Bei einer Videoanalyse wird üblicherweise die Interrater-Reliabilität bestimmt (vgl. Fischer & Neumann, 2012, 16). Das bedeutet, dass ein Teil (meist ca. 10%, vgl. Fischer & Neumann, 2012) der Videos von zwei verschiedenen Kodierinnen oder Kodierern unabhängig voneinander kodiert werden, um dann die Entscheidungen bezüglich der einzelnen Intervalle zu vergleichen (ebd.; Rost, 2005, 59; vgl. auch Bortz & Döring, 2006, 274ff.). Für eine nominalskalierte Skala empfiehlt sich Cohens Kappa als Maß der Interrater-Übereinstimmung (Fischer & Neumann, 2012, 16; Rost, 2005, 59; vgl. auch Bortz & Döring, 2006, 276f.). Bei der Berechnung dieses Maßes wird die Differenz von beobachtbarer und zufällig zu erwartender Übereinstimmung an der Differenz zwischen 1 und der zufällig zu erwartenden Übereinstimmung relativiert (Rost, 2005, 60). Anders als bei einer bloßen prozentualen Übereinstimmung wird also berechnet, wie weit die ermittelte Übereinstimmung über der nach dem Zufall zu erwartenden liegt (ebd.). Eine mathematische Erklärung führt an dieser Stelle zu weit, wird aber z.B. bei Bortz und Döring (2006, 276f.) oder Wirtz und Caspar (2002, 56f.) in übersichtlicher Weise dargestellt.

Der Wert für Cohens Kappa kann theoretisch zwischen -1 und 1 liegen. Allgemein wird angegeben, dass ein Kappa-Wert > 0.75 als Indikator für eine sehr gute, 0.6 bis 0.75 als Indikator für eine gute Übereinstimmung angesehen wird (vgl. z.B. Wirtz & Caspar, 2002, 59; Fischer & Neumann, 2012, 18). Allerdings ist zu beachten, dass auch andere Faktoren Einfluss auf den Kappa-Wert haben, wie z.B. die Grundhäufigkeit der einzelnen Kategorien, die Anzahl der Skalenkategorien etc. (vgl. Wirtz & Caspar, 2002, 59). Damit ist neben der Orientierung an Richtwerten immer auch der Kontext zu berücksichtigen (ebd.). Bei einem Kappa von 0.4 bis 0.6 kann – je nach Forschungsinteresse und -fokus – immer noch von einer akzeptablen Übereinstimmung gesprochen werden (z.B. Reyer, 2004, 194; Wirtz & Caspar, 2002, 59). Dies gilt auch für die Kodierung der Tiefenstruktur im Sinne der Funktion von Lehrzieltypen (Reyer, 2003). Wie bereits in Kapitel 9.4.2 ausgeführt, handelt es sich bei der vorliegenden Kodierung um eine mittel- bis hoch-inferente, insofern werden auch in dieser Studie Kappas zwischen 0.4 und 0.6 als akzeptabel eingestuft. Dieser Wert deckt sich auch mit den von Ohle (2010, 61) bezüglich der Basismodelle berichteten Übereinstimmungswerten ($0.6 \leq \kappa \leq 0.75$). Allerdings sieht Ohle die Funktionen der Lehrziele als hierarchisch gegliedert, also als ordinalskaliert an und berechnet in diesem Fall Goodman und Kruskals Gamma. Wackermann (2007, 40) hingegen gibt in seiner Studie den Mittelwert der Kappas über alle Basismodelle und Funktionen der Kategorien an. Damit können die Studien diesbezüglich nicht als Referenz dienen.

Um die Reliabilität des Kodiermanuals sicher zu stellen, wurden zehn von 25 Doppelstunden doppelt kodiert. Dabei haben eine geschulte Kodiererin und ein geschulter Kodierer die Doppelstunden unabhängig voneinander kodiert. Danach wurde berechnet, inwiefern die beiden Kodierungen übereinstimmen (Interrater-Reliabilität). Die Interrater-Reliabilität wird

hier angegeben in Cohens Kappa, da die absolute Übereinstimmung von Interesse ist. Die Werte lagen durchgehend in einem guten bis sehr guten Bereich (Tabelle 18).

Variable	Mittelwert Cohens κ	< κ	> κ
Unt. BM	.81	.71	.96
LE	.86	.73	1
PL	.97	.76	1
KB	.92	.71	1

Tabelle 18: Überblick über die Interrater-Reliabilität angegeben in Cohens κ

9.4.5 Auswahl der Stichprobe zur Kodierung auf Individualebene

Da die Kodierung der Schülerinnen und Schüler auf Individualebene sehr zeitintensiv ist, konnten nicht alle Schülerinnen und Schüler kodiert werden. In einem solchen Fall bietet sich eine Kodierung von sogenannten Extremgruppen an. Es werden nach bestimmten Kriterien diejenigen Schülerinnen und Schüler ausgewählt, die die jeweiligen Kriterien am wenigsten und am meisten erfüllen. Im Fall dieser Studie ist das Kriterium der Lernzuwachs. Allerdings soll berücksichtigt werden, dass auch Aspekte, die nicht durch die Durchführung der Unterrichtseinheit beeinflusst werden können, z.B. Vorwissen und kognitive Fähigkeiten, sich auf die Posttestleistung auswirken.

Die Extremgruppen wurden demnach anhand einer Rangreihenfolge bestimmt. Diese Reihenfolge wurde auf Grundlage der Residualwerte einer Anova mit den Prädiktoren Vorwissen, Interesse und kognitive Fähigkeiten gebildet. Die Nutzung der Residualwerte hat im Gegensatz zum bloßen Differenzwert zwischen Prä- und Posttest den Vorteil, dass der entsprechende Wert nicht mit der Posttestleistung korreliert. Die Residualwerte repräsentieren die Differenz zwischen den beobachteten Posttestwerten und denen, die anhand einer Regression mit den entsprechenden Prädiktoren vorausgesagt wurden (vgl. z.B. Dimitrov & Rumrill, 2003, 161). Bei der Berechnung von Residualwerten wird also der Einfluss des Ausgangswertes auf die Höhe des Zuwachswertes heraus gerechnet. Anders formuliert werden diejenigen Variablen kontrolliert, die zwar Einfluss auf den Posttestwert haben können, jedoch nicht durch den Unterricht beeinflusst wurden.

Pro Klasse wurden jeweils die zwei bis fünf Schülerinnen und Schüler mit den höchsten und niedrigsten Testleistungen unter Berücksichtigung der o.g. Variablen (Prädiktoren) ausgewählt. Es sollte darauf geachtet werden, dass sich ebenso viele Schülerinnen wie Schüler in den Extremgruppen befinden, allerdings ergab sich dies automatisch durch die Datenlage.

9.5 Erfassung des deklarativen Wissens und konzeptuellen Verständnisses

Der Test zur Erfassung des deklarativen Wissens bzw. konzeptuellen Verständnisses wurde im Rahmen der PLUS-Studie entwickelt und evaluiert (Kauertz et al., 2011). Der Test besteht aus 24 Aufgaben mit geschlossenem Aufgabenformat. Insgesamt wurden drei für den Themenbereich wichtige inhaltliche Schwerpunkte mit diesen Aufgaben abgedeckt: 1. Eigenschaften von Wasser in verschiedenen Aggregatzuständen, 2. Verdunstung und 3. Kondensation und ihre Bedingungen. Eine detaillierte Beschreibung der Testkonstruktion und der Merkmale lässt sich z.B. bei Lange (2010) nachlesen, der gesamte Test findet sich bei Kauertz et al. (2011). Um jedoch für das Verständnis dieser Studie eine inhaltliche Vorstellung der Items zu bekommen, werden im Folgenden kurz einige relevante Aspekte zusammengefasst.

Der Test besteht aus Aufgaben zum konzeptuellen Verständnis sowie Aufgaben zum deklarativen Wissen. Bei Ersteren geht es z.B. um die Vorstellung, dass verdunstetes Wasser als nicht sichtbar in der Luft vorliegt und dass kondensiertes Wasser nicht spontan entsteht. Als Distraktoren wurden alternative Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern gewählt, z.B. dass Wasser beim Verdunsten „einfach verschwindet“ (Lange, 2010, 136) oder, dass Wasser beim Kondensieren aus einem Gegenstand herauskommt (ebd.). Zur Erfassung des deklarativen Wissens wurde auf die Nennung von Begriffen für Vorgänge oder auch das Benennen von Phänomenen und ihren Einflussfaktoren fokussiert.

Bei beiden Arten von Aufgaben wird nicht die freie Produktion von Erklärungen sondern z.B. die Korrektheit vorgegebener Begriffe erfragt. Ein Teil der Items ist so konstruiert, dass die richtige Antwort aus mehreren Antwortmöglichkeiten gewählt werden muss (Multiple Choice). Bei den anderen, den True-False-Items, muss ein falscher Begriff, eine Alltags- oder alternative Vorstellung ausdrücklich abgelehnt werden, dem richtigen Begriff, der wissenschaftlichen Erklärung o.ä. bewusst zugestimmt werden.

Der Test wurde für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 4 bis 6 entwickelt und auf eine Bearbeitungszeit von ca. 45 Minuten ausgelegt (Kauertz et al., 2011, 112). Sowohl in der PLUS-Studie als auch in der vorliegenden Studie wurde der Test im Klassenverband vorgelesen. In der PLUS-Studie zeigt der Test gute Reliabilitäten (Grundschule Prä: Cronbachs $\alpha = .74$, Mittelwert= 7.95, SD= 3.47, Grundschule Post: Cronbachs $\alpha = .82$, Mittelwert= 12.00, SD= 4.62, ebd.). Die Punktzahl des Mittelwertes entspricht der Anzahl der richtig gelösten Items. Der Test zeigt bei der Durchführung in der hier vorliegenden Studie im Posttest ähnlich gute Reliabilitäten (Cronbachs $\alpha = .80$). Im Prätest zeigt der Test bei dieser Stichprobe allerdings niedrige Reliabilitäten (Cronbachs $\alpha = .59$), was darauf hinweist, dass die Schülerinnen und Schüler im Prätest im Vergleich zur Stichprobe in der PLUS-Studie weniger Vorwissen hatten und mehr geraten haben. Das bedeutet, dass der Test das Wissen der Schülerinnen und Schüler in der vorliegenden Studie nicht dezidiert auflösen konnte.

Die Ergebnisse des Prä- und Posttests korrelieren erwartungskonform mit den Ergebnissen des Tests zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten (CFT). Allerdings liegen die Korrelationen in einem annehmbaren Bereich, sodass sichergestellt werden kann, dass mit dem Wissenstest nicht die kognitiven Fähigkeiten gemessen werden (Prä: $r = .204$, $p = .04$, Post: $r = .417$, $p < .001$).

Die detaillierten Ergebnisse werden in Kapitel 13.1 dargestellt.

9.6 Erfassung des Interesses

Die Skala zum Interesse an physikalischen Themen wurde aus dem PLUS-Projekt adaptiert und ergänzt (Abbildung 5).

Da Schülerinnen und Schüler teilweise nicht wissen, was unter „physikalische Themen“ fällt, wurden dort diejenigen physikalischen Themen konkret benannt, die die Schülerinnen und Schüler der vierten Jahrgangsstufe zum größten Teil in der Schule bereits behandelt oder die Begriffe bereits kennengelernt haben (Abbildung 5). Die Skalen-Reliabilität liegt mit Cronbachs $\alpha = .7$ in einem guten Bereich, die Werte für die Trennschärfe, d.h. wie gut das Item die Skala repräsentiert, liegen bei $.41 \leq r_{it} \leq .5$ und zeigen damit, dass auch die später ergänzten Items mit denen der PLUS-Studie zu einer Skala zusammengefasst werden können.

Zuerst eine Frage zu deinem Interesse:

Denke bitte an die Themen **Magnetismus, Licht und Schatten und Strom.**

Wie stark **interessieren** dich diese Themen?

		stimmt gar nicht	stimmt ein wenig	stimmt fast	stimmt genau
SI1	Zu Hause lese ich oft etwas über diese Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI2	Ich freue mich, wenn im Fernsehen etwas über diese Themen kommt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI3	Wenn ich mich mit diesen Themen beschäftige, vergesse ich alles um mich herum.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI4	Ich möchte unbedingt mehr über diese Themen erfahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SI5	Experimente zu diesen Themen durchzuführen, macht mir viel Freude.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 5: Fragebogen zum Interesse an physikalischen Themen

9.7 Erfassung der weiteren Variablen

Die Variablen zur Auswahl der Stichprobe zur Kodierung auf Individualebene (Kapitel 9.4.5) wurden anhand gängiger, standardisierter Tests erhoben, die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

9.7.1 Kognitive Fähigkeiten

Ein Eindruck der kognitiven Fähigkeiten wurde anhand des CFT-20-R (Weiß, 2006) gewonnen, wobei sich aus Zeitgründen auf die erste Skala beschränkt wurde. Das stellt insofern kein Problem dar, da nicht die Grundintelligenz im vergleichbaren Sinn gemessen werden sollte. Vielmehr ging es darum, die Schülerinnen und Schüler in eine Rangreihenfolge zu bringen, um dies in die Auswahl der Stichprobe zur Kodierung auf Individualebene einzubringen (Kapitel 9.4.5). Die Testaufgaben sind sprachfrei, sodass auch Schülerinnen und Schüler mit schlechteren Sprachkenntnissen nicht benachteiligt werden. Der Test ist als Schnelligkeitstest ausgelegt und wurde exakt nach den Vorgaben dazugehörigen Manuals ausgeführt (Weiß, 2006). Er zeigt gute Reliabilitäten ($r = .80$ bis $.82$, ebd.), zeigt allerdings einen Übungsgewinn bei Testwiederholung nach zwei bis drei Monaten. Für den o.g. Zweck stellt das kein Problem dar, da der Test nur einmalig durchgeführt wird.

9.7.2 Lesefähigkeit

Die Lesefähigkeit wurde mit dem ELFE-Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler erhoben (Lenard & Schneider, 2006). Der Test besteht aus drei Skalen zum Wort-, Satz- und Textverständnis und ist ebenfalls als Schnelligkeitstest konzipiert. Die interne Konsistenz liegt im sehr guten Bereich ($.92 \leq \text{Cronbachs } \alpha \leq .97$ ebd.). Auch der ELFE-Test wurde exakt nach dem Manual des ELFE-Tests ausgeführt (vgl. ebd.).

Erst eine am fachlichen Lernen orientierte Synthese grundlegender Datenerhebungs- und Auswertungsverfahren aus den Sozialwissenschaften unter Berücksichtigung theoretischer Annahmen über das Lernen führt zu spezifischen Instrumenten und Untersuchungsplänen für eine zielführende fachdidaktische Forschungsarbeit – wohlgemerkt als Synthese, nicht als Mischung oder Überlagerung.

Schecker et al. (2014, 3)

10 Datenauswertung

Die folgenden statistischen Analysen wurden mit dem Programm IBM SPSS in der Version 21 bzw. 22 durchgeführt. Für die Analyse des Angebots bzw. der Nutzung wurde Excel in der Version 2010 genutzt.

10.1 Auswertung der Paper-and-Pencil-Tests

Die Auswertung des Tests zur Erfassung des deklarativen und konzeptuellen Verständnisses erfolgte durch die Berechnung des Summenwertes. Um einen möglichen Lernzuwachs zu ermitteln, wurden die Mittelwerte der Ergebnisse beider Messzeitpunkte mittels eines T-Tests verglichen. Gegebenenfalls auftretende signifikante Interaktionseffekte z.B. in Bezug auf Genderaspekte (*Geschlecht*Messzeitpunkt*) wurden mit Hilfe von Messwiederholungs-Anovas berechnet. Um den Lernzuwachs näher zu beleuchten, wird außerdem eine einfaktorielle Kovarianzanalyse (Ancova) berechnet.

Anschließende Effektstärkenberechnungen mit dem Maß *Cohens d* belegen eine praktische Bedeutung eventueller Signifikanzen.

Für die Berechnung der Interessens-Skala wurde der nicht-parametrische Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest herangezogen, da es sich um ordinalskalierte Daten handelt. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest wird bei abhängigen Stichproben und ordinalskalierten Daten eingesetzt (vgl. Bortz, Lienert, & Boehnke, 2008).

10.2 Aufbereitung und Auswertung der Videodaten

10.2.1 Zeit und Time-on-Task

Zunächst wurden die zeitlichen Anteile der angebotenen inhaltlichen Lernmöglichkeiten kontrolliert, unabhängig von Inhalten oder strukturellen Aspekten. Dafür wurden die Intervalle so nominal kodiert, dass die Basismodellvariablen (inklusive der „Vorstufe“) unabhängig von den HKS als eine inhaltliche Lernmöglichkeit kodiert wurden, alle übrigen Variablen (z.B. Organisation) demnach als keine inhaltliche Lernmöglichkeit. Für die genutzte Time-on-Task wurden die Intervalle summiert, in denen die Schülerinnen und Schüler das Angebot tatsächlich inhaltlich genutzt haben. Sie wurden einmal in Prozent der Gesamtunterrichtszeit und einmal der angebotenen Lernmöglichkeiten umgerechnet, da die Nutzung der Gesamtunterrichtszeit zwar ausschlaggebend ist, die Nutzung aber natürlich nur bei entsprechendem Angebot stattfinden kann.

10.2.2 Zielorientierung, Vollständigkeit und Reihenfolge

Für die Analyse des Lernangebots, also der Implementation der vorbereiteten Lernumgebung, und der Nutzung von der Seite der Schülerinnen und Schüler müssen zwei unterschiedliche Wege zur Aufbereitung angewendet werden. Denn das Angebot lässt häufig mehrere Schritte eines Basismodells gleichzeitig zu, z. B. bei der Bearbeitung eines Arbeitsblattes, der Planung und Durchführung einer Handlung o.ä. Das muss bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt werden, ist aber kein Merkmal unstrukturierten Unterrichts.

Die jeweiligen Basismodelle und Schritte werden in einem Zahlencode wiedergegeben. Dabei steht die erste Ziffer einer zweistelligen Zahl für das Basismodell, die zweite Ziffer für den jeweiligen Schritt. So kann jedes der drei Basismodelle und jeder der 15 möglichen Schritte mit einer zweistelligen Nummer wiedergegeben werden.

Die folgenden Tabellen geben einen kurzen Überblick über die Ziffern und die ihnen entsprechenden Basismodelle und Schritte (mit deutscher Übersetzung). Die ausführlichen Schritte und deren Beschreibungen sind in Kapitel 6 nachzulesen.

LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG (LE)

Nr.	Kurzbeschreibung Englisch	Kurzbeschreibung Deutsch
61	Anticipation and planning of possible actions	Antizipation und Planung möglicher Handlungen
62	Performance of such possible actions in respective contexts	Durchführung der Handlungen im jeweiligen Kontext
63	Construction of meaning for the activity, first, through communicative interchange	Konstruktion von Bedeutung durch kommunikativen Austausch
64	Generalization of the experience through analysis of common elements	Verallgemeinerung der Erfahrung durch die Analyse gemeinsamer Elemente
65	Reflection of similar experiences	Reflexion ähnlicher Erfahrungen

Tabelle 19: Nummerierung der Schritte des Lernens durch Eigenerfahrung

Das LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG (LE) entspricht in der Tabelle der ersten Ziffer 6. (z. B. bei 62), die zweite Ziffer zeigt dabei den Schritt an (z. B. bei 62). Demnach bedeutet die Nummer 62 = „LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, Durchführung der Handlungen im jeweiligen Kontext“.

KONZEPTBILDEN (KB)

Nr.	Kurzbeschreibung Englisch	Kurzbeschreibung Deutsch
71	Stimulation of the awareness of what the learner already knows regarding the new concept	Aktivierung des Vorwissens bezüglich des neuen Konzepts
72	Introduction of and the working through of a prototype	Vorstellen und Durcharbeiten eines Prototyps
73	Analysis of essential categories and principles that define the new concept	Analyse grundlegender Eigenschaften und Prinzipien, die das neue Konzept definieren
74	Active dealing with the new concept	Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept
75	Application of the new concept in different contexts	Anwendung des neuen Konzepts in anderen Kontexten

Tabelle 20: Nummerierung der Schritte des KONZEPTBILDENS

Für KONZEPTBILDEN (KB) steht die erste Ziffer 7 (z. B. bei 71), die zweite Ziffer zeigt dabei den Schritt an (z. B. bei 71). Die 71 stellt demnach den ersten Schritt des Basismodells KONZEPTBILDEN dar.

PROBLEMLÖSEN (PL)

Nr.	Kurzbeschreibung Englisch	Kurzbeschreibung Deutsch
81	Students perceive and understand the problem (81), reformulation of the problem task (82)	Schülerinnen und Schüler entdecken und verstehen das Problem (81), Formulieren einer Problemaufgabe (82)
82		
83	Students develop hypotheses about possible ways to find a solution	Schülerinnen und Schüler entwickeln Ideen zu möglichen Lösungswegen
84	Students test the hypotheses	Schülerinnen und Schüler testen diese Ideen
85	Students evaluate and apply the solutions found	Schülerinnen und Schüler evaluieren die Lösungen und wenden sie an

Tabelle 21: Nummerierung der Schritte des Problemlösens

Wie in Kapitel 6.5 beschrieben, wird der erste Schritt des Basismodells von Oser und Baeriswyl (2001) in zwei einzelne Schritte aufgeteilt. Die 8 als erste Ziffer zeigt an, dass es sich um das Basismodell Problemlösen handelt.

Für die Analyse des Angebots und der Nutzung des Lernangebots unter den Aspekten Fokussierung, Vollständigkeit und Reihenfolge wurden die Daten zunächst für das Angebot bzw. für jede Schülerin, jeden Schüler jeder Stunde so binär kodiert, dass folgende Informationen daraus hervorgehen: verweilen bzw. wechseln von einem Schritt zum nächsten, der Rückbezug auf einen schon durchgeführten Schritt, das Überspringen von Schritten. Zusätzlich wurden die Anzahl der Schritte des Haupt-Basismodells der Unterrichtsstunde und die Anzahl der Schritte aus anderen Basismodellen gezählt. Die folgende Tabelle (Tabelle 22) zeigt ein fiktives Beispiel, da hier in Kürze mehrere Möglichkeiten aufgezeigt werden sollen. Eine solche Varianz in den Daten zeigt sich in der Regel nicht innerhalb eines so kurzen Ausschnittes in den vorliegenden Daten (insgesamt acht Intervalle, also vier Minuten). Die erste Spalte zeigt den Beginn des jeweiligen Zeitintervalls an, die zweite Spalte das Basismodell und den Schritt (8= Basismodell KONZEPTBILDEN, 1-5 für den jeweiligen Schritt). Dabei wird das Kriterium Vollständigkeit an der Anzahl der Schritte (Haupt-BM) abgelesen. Das Kriterium Zielorientierung an der Anzahl der Schritte (anderes BM) und das Kriterium Reihenfolge an der Spalte „mehr als ein Schritt vorwärts“. Für die Berechnung letzterer Spalte wurden die Spalten „bleibt im jeweiligen Schritt“, „ein Schritt vorwärts“ und „ein oder mehrere Schritte zurück“ benötigt. Die anderen Spalten geben zusätzliche Informationen, mit denen das Unterrichtsangebot beschrieben werden kann bzw. dienen der Gegenkontrolle der vorliegenden Werte.

Beginn des Zeit-Intervalls	Code für das BM und den Schritt	bleibt im jeweiligen Schritt	ein Schritt vorwärts	ein oder mehrere Schritte zurück	mehr als ein Schritt vorwärts	Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Anzahl der Schritte (anderes BM)
1:30	81	0	0	0	1		
2:00	83	0	0	1	0		
2:30	82	0	1	0	0		
3:00	83	1	0	0	0		
3:30	83	1	0	0	0		
4:00	83	1	0	0	0		
4:30	83	0	0	1	0		
5:00	71	1	0	0	0		
Total	8	4	1	2	1	3	1

Tabelle 22: Beispielhafter Auszug der Kodierung der Videodaten eines Schülers (vier Minuten einer Unterrichtsstunde), ebenso wird beim Angebot vorgegangen

Die drei Kriterien sind unabhängig voneinander. Es muss lediglich die Bedingung erfüllt sein, dass es sich um mehr als zwei Intervalle handelt, da sich sonst immer der Optimalwert für die Reihenfolge ergeben würde (da kein Schritt übersprungen werden kann). Um den Optimalwert für das Kriterium Vollständigkeit theoretisch erreichen zu können, müssen mehr als fünf Intervalle vorhanden sein. In der vorliegenden Studie wird diese Bedingung erfüllt, da sich durch die gewählte Intervalldauer von 30 Sekunden immer mehr als fünf Intervalle ergeben.

Dieses Vorgehen erlaubt es, die drei Kriterien, die als Indikatoren dienen, bezüglich des Angebots und der Nutzung deskriptiv darzustellen.

Wie zu Anfang des Kapitels bereits erwähnt, wird der Optimalwert der einzelnen Stunden – falls erforderlich – an das Angebot angepasst. Fällt also beispielsweise ein Schritt eines Basismodells in einer Stunde weg, so wird für diese Stunde ein vierschrittiges Basismodell als Optimalwert angenommen. Da dieser Fall selten vorkommt, wird er manuell durchgeführt.

Eventuelle Unterschiede in der Nutzung der drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG UND PROBLEMLÖSEN werden über Mittelwertunterschiede zwischen den Werten für die Doppelstunden berechnet, in denen das jeweilige Basismodell zu Grunde gelegt wurde. Da die aus den beschriebenen Berechnung hervorgehenden Daten nicht normalverteilt sind, werden mögliche Signifikanzen mit dem Mann-Whitney U-Test berechnet.

„Von unterschiedlichen Lehrerinnen oder Lehrern erteilter Unterricht zur Erarbeitung eines physikalischen Konzepts kann [...] bei oberflächlicher Betrachtung (Sichtstruktur) ähnlich organisiert sein, aber dennoch unterschiedliche Intentionen der Unterrichtenden zum Ausdruck bringen.“

Fischer et al. (2002, 126)

11 Ergebnisse: Angebots-Ebene

Die erste Forschungsfrage zielt auf das Unterrichtsangebot ab:

F1 Inwiefern ist es möglich, die drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN vollständig, d.h. die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS inkludierend, erfolgreich in den physikbezogenen Sachunterricht zu implementieren? (Angebots-Ebene)

Die Angebots-Seite wird wie in Kapitel 10.2.2 bereits ausgeführt, deskriptiv dargestellt. Die Tabelle 23 zeigt zunächst zur Orientierung die Ergebnisse im Überblick. In den anschließenden Kapiteln wird dann näher auf die einzelnen Indikatoren Reihenfolge, Vollständigkeit, Zielorientierung und Zeit bzw. inhaltliche Lernmöglichkeit und Anteil der reflektierenden HKS eingegangen und die Ergebnisse werden differenziert erläutert.

Aus der Überblickstabelle (Tabelle 23) lassen sich die folgenden Informationen ablesen:

- a) „Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)“: Gibt die absolute Anzahl an 30-Sekunden-Intervallen an, in denen eine inhaltliche Lernmöglichkeit gegeben war.

In der 4 b der Schule 1 wurde das Basismodell der ersten Stunde in der zweiten Stunde fortgesetzt. Da es trotzdem zum ersten Basismodell gehört, wurde die Anzahl der in der zweiten Stunde durchgeführten Intervalle mit „+ Anzahl“ gekennzeichnet (z. B. 155 (= Anz. 1 Stunde) + 26 (= Anz. 2. Stunde)).

- b) „davon BM-Schritte (in Intervallen)“: Gibt die absolute Anzahl an 30-Sekunden-Intervallen an, in denen die inhaltlichen Lernmöglichkeiten auf den Schritten der drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN basierte.

Die Differenz zwischen a) und b) ergibt sich durch die in Kapitel 9.4.2 beschriebene Kategorie „Vorstufe“. Diese Kategorie beschreibt die zu Stundenbeginn stattfindende Einstimmung in ein Thema, Wiederholung dessen, was in der vorherigen Stunde

stattgefunden hat o.ä. Diese Stufe wurde schon als inhaltliche Lernmöglichkeit gewertet, basiert aber nicht auf dem jeweiligen, grundlegenden Basismodell.

- c) „davon reflektierende Schritte (in Intervallen)“: Gibt die absolute Anzahl an Intervallen an, die in den Kapiteln 6.2 - 6.5 als reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete Schritte definiert wurden.

Allerdings besteht das Lernangebot teilweise – wie in Kapitel 9.4.2 näher ausgeführt – aus mehreren unterschiedlichen Schritten (z.B. wenn ein Arbeitsblatt zwei oder mehrere Schritte beinhaltet). Es werden also alle Intervalle genannt, in denen ein reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter Schritt und/oder ein solcher Schritt in Kombination mit anderen Schritten angeboten wurden.

- d) „davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)“: Im Gegensatz zu c) wird hier die absolute Anzahl an Intervallen aufgeführt, in denen ausschließlich reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete Schritte angeboten wurden.

- e) „Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts“: Gibt die Anzahl der Fälle an, in denen bei einem Übergang zwischen zwei Schritten ein oder mehrere Schritte übersprungen wurden. Wenn der Schritt überhaupt nicht durchgeführt wurde (siehe „Vollständigkeit“), handelt es sich genau genommen nicht um eine falsche Reihenfolge, sondern um ein Auslassen des Schrittes. In der Tabelle wird die Anzahl der ausgelassenen Schritte in Klammern angegeben.

- f) „Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)“: Gibt an, wie viele der fünf vorgeschlagenen Schritte des jeweiligen Basismodells angeboten wurden.

Dabei wird mit „+1“ angegeben, wenn ein Schritt nicht als alleiniger Schritt, sondern nur in Kombination mit anderen Schritten angeboten wird.

- g) „Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)“: Gibt an, wie viele Schritte aus anderen Basismodellen in der Stunde angeboten wurden.

Schule 1, Klasse 4a	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell	KB	LE	KB	LE	PL
Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)	144	141	126	160	132
davon BM-Schritte (in Intervallen)	144	128	110	151	123
davon reflektierende Schritte (in Intervallen)	49	45	75	131	71
davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)	33	27	54	66	29
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	0	0	0	0	1
Reihenfolge: mehr als ein	0	0 (1)	0	0(1)	0

Schritt vorwärts					
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	4+1	4	4+1	4	5
Schule 1, Klasse 4b	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell	KB	LE	KB	LE	PL
Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)	145	141	126	146	131
davon BM-Schritte (in Intervallen)	145	128	114	135	131
davon reflektierende Schritte (in Intervallen)	57	95	88	116	112
davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)	33	30	62	59	43
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	0	0	0	0	0
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	0	0 (1)	0	0 (1)	0
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	5	3	5	4	5
Schule 2, Klasse 4a	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell	KB	LE	KB	LE	PL
Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)	149	141	121	180	139
davon BM-Schritte (in Intervallen)	149	124	112	172	132
davon reflektierende Schritte (in Intervallen)	45	101	82	152	100
davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)	33	26	52	63	52
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	0	0	0	0	1
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	0	0 (1)	0	0 (1)	1
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	5	4	4+1	5	5
Schule 2, Klasse 4b	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell	KB	LE	KB	LE	PL
Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)	115+26	141	122	136	129

len)					
davon BM-Schritte (in Intervallen)	115+26	123	113	120	114
davon reflektierende Schritte (in Intervallen)	16+25	93	70	93	83
davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)	11+25	20	56	26	24
<i>Zielorientierung</i> : Anzahl der Schritte (anderes BM)	0	0	0	0	1
<i>Reihenfolge</i> : mehr als ein Schritt vorwärts	0	0 (1)	0	0	1
<i>Vollständigkeit</i> : Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	5	3	5	4	4
Schule 3, Klasse 4b	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell	KB	LE	KB	LE	PL
Inhaltliche Lernmöglichkeiten insgesamt (in Intervallen)	155	145	123	177	115
davon BM-Schritte (in Intervallen)	155	136	109	168	107
davon reflektierende Schritte (in Intervallen)	58	80	65	144	103
davon rein reflektierende Schritte (in Intervallen)	58	13	32	56	50
<i>Zielorientierung</i> : Anzahl der Schritte (anderes BM)	0	3	0	0	0
<i>Reihenfolge</i> : mehr als ein Schritt vorwärts	0	0 (1)	0	0 (1)	1
<i>Vollständigkeit</i> : Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	5	4	5	4	5

Tabelle 23: Ergebnisse im Überblick

Da davon ausgegangen wird, dass ein reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter Schritt mehr als 30 Sekunden durchgeführt werden sollte, wurden nur die Schritte als durchgeführt gewertet, die länger als ein Intervall andauerten.

11.1 H1a: Umsetzung der Tiefenstrukturierung nach den Basismodellen

In diesem Unterkapitel geht es darum, inwiefern die Tiefenstrukturierung nach den Basismodellen im Sachunterricht umgesetzt werden kann. Die grundlegende Hypothese lautete:

Hypothese 1a:

Eine erfolgreiche Umsetzung der drei Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN im Sachunterricht der Grundschule ist prinzipiell möglich.

Die Hypothese wird als zutreffend angesehen, wenn die Indikatoren Zielorientierung, Reihenfolge, Vollständigkeit und Time-on-Task erfüllt sind. Diese werden im Folgenden einzeln dargestellt und ausgewertet.

11.1.1 Zielorientierung

Der Indikator „Zielorientierung“ wird als zutreffend angesehen, wenn in 90% oder mehr der Unterrichtsstunden auf ein Basismodell fokussiert wird (Zielorientierung $\geq 90\%$), d.h. nicht zwischen den einzelnen Basismodellen hin- und hergewechselt wird.

Die Tabelle 24 zeigt noch einmal zusammenfassend die Zielorientierung, d.h. die Anzahl der Schritte aus anderen Basismodellen pro Klasse und Stunde. In der ersten Zeile werden die Haupt-Basismodell-Schritte angegeben, also die Schritte, die idealerweise in der Stunde hätten durchgeführt werden sollen. Die folgenden Zeilen zeigen an, wie viele und welche Schritte aus anderen Basismodellen durchgeführt wurden. Der Optimalwert wäre in diesem Fall „0“, da dann kein Schritt eines anderen Basismodells durchgeführt, sondern nur auf das Haupt-Basismodell fokussiert wird. Abweichungen sind grau hinterlegt. Ergänzend werden in Klammern die Schritte genannt, die aus anderen Basismodellen stammen.

	Schule/ Klasse	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Haupt-Basismodell-Schritte*		71-75	61-65	71-75	61-65	81-85
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	Schule 1, Klasse 4a	0	0	0	0	1 (63)
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	Schule 1, Klasse 4b	0	0	0	0	0
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	Schule 2, Klasse 4a	0	0	0	0	1 (63)
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	Schule 2, Klasse 4b	0	0	0	0	1(63)
Zielorientierung: Anzahl der Schritte (anderes BM)	Schule 3, Klasse 4	0	3 (71, 74,75)	0	0	0

*Tabelle 24: Überblick über die Zielorientierung, *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt*

In der zweiten Stunde der Schule 3 wurden die letzten Phasen des vorherigen Basismodells KONZEPTBILDEN aus Zeitgründen in die darauffolgende Stunde verschoben. In Schritt 71 (Vorwissen aktivieren) wird noch einmal das Vorwissen der letzten Stunde wiederholt, der Schritt 74 (Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept) und Schritt 75 (Anwendung des Konzepts in anderen Kontexten) schließen die vorangegangene Stunde ab. Dieser Fall wird immer noch als basismodell-konform gewertet, da es durchaus möglich ist – wenn auch nicht immer sinnvoll – ein Basismodell zeitlich auf mehrere Stunden zu verteilen. Dieses Vorgehen ändert nichts an der Schlüssigkeit der vorliegenden Tiefenstruktur, sondern ist eine Frage der zeitlichen Einteilung.

Zudem wurde in der letzten Stunde eine kurze Rückmeldung zur Unterrichtseinheit von den Schülerinnen und Schülern erbeten. Diese wurde als reflektierender Schritt des Basismodells LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG kodiert, da die Schülerinnen und Schüler hauptsächlich inhaltlich-reflektierende Rückmeldungen gaben. Es gab keine Kodiermöglichkeit, in der eine Reflexion der durchgeführten Unterrichtseinheit vorgesehen war. Aus der Perspektive der Basismodell-Theorie gehören diese Intervalle nicht zu dem in dieser Stunde durchgeführten Basismodell, weshalb diese Phase nicht in die Auswertung der Basismodell-Konformität einfließt. Sie wurde, wie in der Tabelle 24 ersichtlich, nur in drei der fünf Klassen durchgeführt, in der Schule 1, Klasse 4a und der Schule 2, Klasse 4a und Klasse 4b.

Da es sich also im Fall der Schule 3 um einen Aspekt der Zeiteinteilung und in der letzten Stunde um eine fehlende Kategorie im Kodiermanual handelt, wurden die Basismodelle in 25 von 25 Stunden zielorientiert durchgeführt. Der Indikator Zielorientierung wird damit als zutreffend angesehen.

1.1 Indikator Zielorientierung

Wird jeweils auf ein Basismodell fokussiert, d.h. nicht zwischen den einzelnen Basismodellen gewechselt?



11.1.2 Reihenfolge

Der Indikator „Reihenfolge“ wird als eingehalten gewertet, wenn in 90% oder mehr der Stunden die Schritte in der richtigen Reihenfolge durchgeführt werden. Es darf und soll dabei auf vorherige Schritte zurückgegriffen werden (z.B. ist der Prototyp des KONZEPTBILDENS explizit dafür vorgesehen, dass immer wieder darauf verwiesen und zurückgegriffen wird). Es dürfen jedoch keine Schritte übersprungen werden.

An dieser Stelle wird es nicht als Überspringen eines Schrittes gewertet, wenn ein Schritt komplett weggelassen wurde (siehe „Vollständigkeit“), da ansonsten das Auslassen eines Schrittes doppelt in die Auswertung eingehen würde. Wie in 10.1 beschrieben, handelt es sich genau genommen nicht um die falsche Reihenfolge, sondern um eine unvollständige Sequenz an Schritten. In der Überblickstabelle (Tabelle 25) sind diese Fälle mit Klammern versehen.

	Schule/ Klasse	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	Schule 1, Klasse 4a	0	0 (1)	0	0 (1)	0
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	Schule 1, Klasse 4b	0	0 (1)	0	0 (1)	0
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	Schule 2, Klasse 4a	0	0 (1)	0	0 (1)	0
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	Schule 2, Klasse 4b	0	0 (1)	0	0	1
Reihenfolge: mehr als ein Schritt vorwärts	Schule 3, Klasse 4	0	0 (1)	0	0 (1)	1

Tabelle 25: Überblick über die Reihenfolge

Auch hier ist der Optimalwert 0. Er bedeutet, dass keine Abweichungen in der Reihenfolge stattfanden. Es gab zwei Abweichungen, die in der Tabelle grau unterlegt sind.

Beim *Problemlösen* floss das Entwickeln von Lösungswegen in zwei Fällen schon während der Problemformulierung bzw. -präzisierung mit ein. Hier müsste inhaltlich geprüft werden, inwiefern es tiefenstrukturell problematisch ist, wenn erste, spontane Lösungsideen der Schülerinnen und Schüler schon bei der Problemformulierung einfließen.

Der Indikator „Reihenfolge“ wird als zutreffend angesehen, da mehr als 90% der Stunden, also 23 von 25 Doppelstunden, in der vorgesehenen Reihenfolge durchgeführt wurden.

1.2 Indikator Reihenfolge

Werden die jeweiligen Handlungskettenschritte eines Basismodells in der richtigen Reihenfolge durchgeführt? Dabei kann zwar auf einen vorherigen Handlungskettenschritt zurückgegriffen werden, Schritte dürfen aber nicht in ihrer Reihenfolge umgedreht werden.



11.1.3 Vollständigkeit

Der Indikator „Vollständigkeit“ gibt an, ob Schritte in einem Basismodell ausgelassen bzw. ersatzlos übersprungen werden. Die in der vorliegenden Studie durchgeführten Unterrichtseinheiten werden als vollständig angesehen, wenn in 90% oder mehr der Stunden alle Schritte eines Basismodells durchgeführt werden.

Die Tabelle 26 zeigt einen Überblick über die Anzahl der Basismodell-Schritte, die jeweils kodiert wurden. Die grau hinterlegten Zellen zeigen dabei die Fälle an, in denen das jeweilige Basismodell nicht vollständig durchgeführt wurde.

	Schule/ Klasse	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Schule 1, Klasse 4a	4+1	4	4+1	4	5
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Schule 1, Klasse 4b	5	3	5	4	5
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Schule 2, Klasse 4a	5	4	4+1	5	5
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Schule 2, Klasse 4b	5	3	5	4	4+1
Vollständigkeit: Anzahl der Schritte (Haupt-BM)	Schule 3, Klasse 4	5	4	5	4	5

Tabelle 26: Übersicht über die Vollständigkeit

Es handelt sich um insgesamt neun Doppelstunden, in denen nur drei bzw. vier der vorgesehenen Schritte durchgeführt wurden. Der Tabelle 27 ist zu entnehmen, welche Schritte durchgeführt bzw. ausgelassen wurden. Die Nummerierungen der Basismodelle bzw. Schritte sind den eingangs aufgeführten Tabellen 20-22 zu entnehmen.

Die erste Spalte der Tabelle gibt das Basismodell (BM) und die Doppelstunde (Std.) an. In den darauffolgenden Spalten werden die Schritte der jeweiligen Basismodelle nach Klassen und Schulen aufgeschlüsselt. Die Ziffern in diesen Spalten lesen sich folgendermaßen:

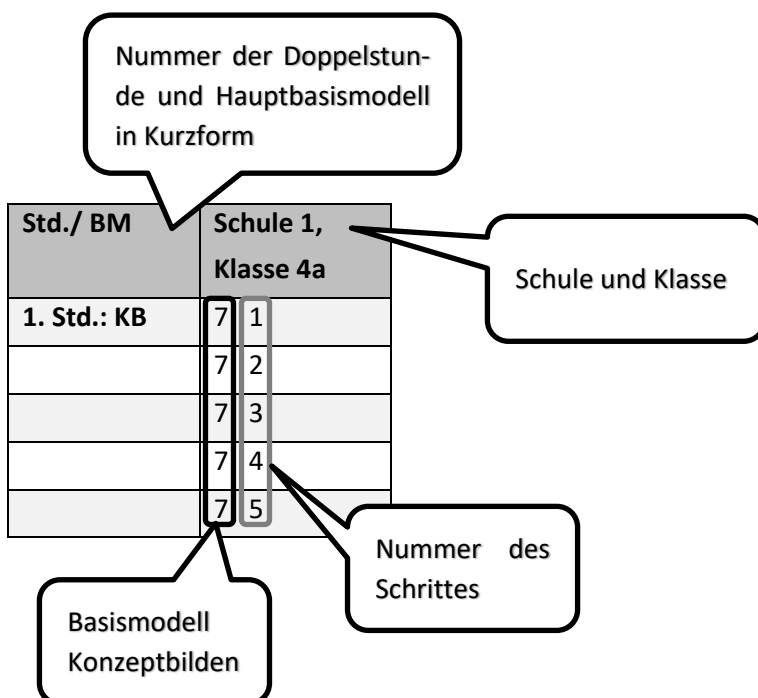


Abbildung 6: Erklärung der Tabelle

Bei einem Blick auf die Tabelle 27 fällt auf, dass im Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG der dritte Schritt (Konstruktion von Bedeutung) nur in zwei von zehn Fällen kodiert wurde. Auch der letzte Schritt (Reflexion von ähnlichen Erfahrungen) wird in drei von zehn Fällen nicht durchgeführt bzw. kodiert. Damit handelt es sich in allen neun Fällen, in denen die Basismodelle nicht vollständig durchgeführt wurden, um das Modell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG.

Std./ BM	Schule 1, 4a	Schule 1, 4b	Schule 2, 4a	Schule 2, 4b	Schule 3, 4
1. Std.: KB	71	71	71	71	71
	72	72	72	72	72
	73	73	73	73	73
	74	74	74	74	74
	75	75	75	75	75
2. Std.: LE	61	61	61	61	61
	62	62	62	62	62
	-	-	63	-	-
	64	64	64	64	64
	65	-	-	-	65
3. Std.: KB	71	71	71	71	71
	72	72	72	72	72
	73	73	73	73	73
	74	74	74	74	74
	75	75	75	75	75
4. Std.: LE	61	61	61	61	61
	62	62	62	62	62
	-	-	63	-	-
	64	64	64	64	64
	65	65	65	65	65
5. Std.: PL	81	81	81	81	81
	82	82	82	82	82
	83	83	83	83	83
	84	84	84	84	84
	85	85	85	85	85

Tabelle 27: Vollständigkeit des Angebots in Bezug auf die Basismodelle, KB = KONZEPTBILDEN, LE= LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, PL= PROBLEMLÖSEN

Der Indikator wird als zutreffend angesehen, wenn 90% oder mehr der Unterrichtsstunden vollständig und mit allen HKS durchgeführt werden (Vollständigkeit $\geq 90\%$). Insgesamt wur-

den in 16 von 25 Doppelstunden die Basismodelle vollständig mit allen Schritten durchgeführt. Der Indikator „Vollständigkeit“ wird damit nicht als zutreffend angesehen.

1.3 Indikator Vollständigkeit

Werden die jeweiligen Basismodelle vollständig durchgeführt, also keine Handlungskettenschritte übersprungen oder ausgelassen?



11.1.4 Inhaltliche Lernmöglichkeit

Die inhaltliche Lernmöglichkeit wurde, wie in Kapitel 10.2.1 beschrieben, erfasst und adiiert. Dabei wurde der Minimal- und Maximalwert berechnet, die Differenz ergibt sich aus den aus technischen Gründen nicht kodierbaren Intervallen. Der wahre Wert liegt demnach zwischen den aufgeführten Werten. Daraus ergibt sich folgendes zeitliches Angebot inhaltlicher Lernmöglichkeiten:

Schule und Klasse	Inhaltliche Lernmöglichkeit		Inhaltliche Lernmöglichkeit in Prozent*
Schule 1, Klasse 4a	703 - 744 Intervalle	351,5 - 372 min	78% - 83%
Schule 1, Klasse 4b	689 - 717 Intervalle	344,5 - 358,5 min	77% - 80%
Schule 2, Klasse 4a	730 - 749 Intervalle	365 - 374,5 min	81% - 83%
Schule 2, Klasse 4b	643 - 653 Intervalle	321,5 - 326,5 min	71% - 73%
Schule 3, Klasse 4	715 - 743 Intervalle	357,5 - 371,5 min	79% - 83%

Tabelle 28: Zeitlicher Überblick über die inhaltlichen Lernmöglichkeiten auf der Angebotsseite

*Aus technischen Gründen entsprechen 900 Intervalle 100% (zehn Schulstunden á 45 Minuten), Prozente gerundet

Wie aus der Tabelle 28 zu entnehmen ist, war das zeitliche Lernangebot in fast allen Klassen sehr ähnlich, allerdings ergeben sich für die Klasse 4b der Schule 2 4% bis 10% weniger inhaltliche Lernmöglichkeiten, was einem Unterschied von 22 bis 48 Minuten über die gesamte Unterrichtseinheit hinweg entspricht.

Das Ergebnis entspricht den in der Literatur zu findenden Vergleichswerten für die Grundschule (vgl. z.B. Ohle, 2010), im Fachunterricht der Sekundarstufe I (10. Klassenstufe) hingegen scheint die Unterrichtszeit mit ca. 90% inhaltlicher Lernmöglichkeiten vergleichsweise effektiver genutzt zu werden (vgl. Stender et al., 2013).

Der Indikator „Zeit“ teilt sich in zwei Aspekte auf:

1. Der Indikator 1.4a wird als zutreffend angesehen, wenn in 90% oder mehr der Unterrichts(doppel)stunden ein Basismodell abgeschlossen wird. Wie in Tabelle 24 ersichtlich und in Kapitel 11.1.1 beschrieben, wird nur in einem Fall das Basismodell erst in der zweiten Doppelstunde beendet.
2. Der Indikator 1.4b wird als zutreffend angesehen, wenn die zeitlichen Anteile inhaltlicher Lernmöglichkeiten bei durchschnittlich 70% oder mehr liegen. Wie der Tabelle 28 zu entnehmen, ist das selbst dann der Fall, wenn man von dem theoretischen Minimalwert der inhaltlichen Lernmöglichkeiten ausgeht.

Damit sind die Kriterien erfüllt und der Indikator Zeit wird insgesamt als zutreffend angesehen.

1.4 Indikator Zeit

Wie hoch ist der Zeitanteil, der als tatsächliche inhaltliche Lernmöglichkeit genutzt werden kann?

1.4a: Können die jeweiligen Basismodelle in einem für die Grundschule realistischen Zeitrahmen von jeweils ca. einer Doppelstunde durchgeführt werden?

1.4b: Liegt der zeitliche Anteil inhaltlicher Lernmöglichkeiten bei 70% oder mehr?



11.1.5 H1a: Zusammenfassung der Ergebnisse

Es wurden insgesamt vier Indikatoren genannt, durch die festgestellt wurde, inwiefern die Umsetzung der drei Basismodelle im Sachunterricht möglich ist.

Die Indikatoren Zielorientierung, Reihenfolge und inhaltliche Lernmöglichkeiten wurden eindeutig als zutreffend angenommen (vgl. Kapitel 11.1.1 bis 11.1.4). Allerdings wurde die Tiefenstruktur des Lernens durch Eigenerfahrung nicht vollständig im Unterricht umgesetzt, da der HKS 3 in acht von zehn Fällen nicht stattfand. Dass er in zwei Fällen umgesetzt wurde, zeigt jedoch, dass eine Umsetzung prinzipiell möglich ist. Die Hypothese wird demnach mit – noch zu diskutierenden – Einschränkungen angenommen.

Hypothese 1a:

Eine Umsetzung der drei Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN in den Sachunterricht der Grundschule ist prinzipiell möglich.



11.2 H1b: Implementation reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter HKS

Nun wird überprüft, inwiefern eine Umsetzung der Tiefenstrukturierung nach den Basismodellen zu einem höheren Anteil an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS führt. Die Hypothese lautete:

Hypothese 1b:

Bei einer erfolgreichen Implementation erhöht sich der zeitliche Anteil an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS im Gegensatz zu den in einer Vergleichsstudie festgestellten Anteilen.

Die Hypothese wird als zutreffend angesehen, wenn in 20% oder mehr der inhaltlichen Lernmöglichkeiten reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS angeboten werden. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über den Mittelwert der jeweiligen HKS in Prozent (gerundet) und Minuten pro Doppelstunde über alle Klassen hinweg. Der prozentuale Anteil der kognitiven HKS ist grau hervorgehoben. Mit „Mischform“ sind diejenigen Intervalle gemeint, in denen mehrere HKS gleichzeitig angeboten wurden (z.B. auf einem Arbeitsblatt). In „reflektierende Mischformen“ werden mehrere HKS gleichzeitig angeboten, wobei es sich bei mindestens einem um einen reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS han-

delt. „Andere Mischformen“ beinhalten keinen reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS.

	HKS 1	HKS 2	HKS 3	HKS 4	HKS 5	reflektierende Mischform	andere Mischform
KB1 in Minuten	23	20	6	9	4	6	6
in Prozent	31%	27%	8%	12%	6%	8%	8%
LE1 in Minuten	13	7	1	11	1	60	1
in Prozent	21%	10%	1%	18%	1%	49%	1%
KB2 in Minuten	6	10	5	17	1	16	5
in Prozent	10%	17%	9%	30%	1%	27%	5%
LE2 in Minuten	8	3	1	10	18	44	0
in Prozent	11%	3%	1%	13%	12%	59%	0%
PL in Minuten	1	4	5	3	16	27	0
in Prozent	1%	7%	8%	5%	29%	50%	0,00%

Tabelle 29: Anteile der HKS pro Basismodell in Prozent (gerundet) und Minuten

Um die Ergebnisse übersichtlicher zu gestalten, wurden die Anteile der HKS beider Doppelstunden der Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und KONZEPTBILDEN in Abbildung 7 jeweils zusammengefasst. Zudem wurden die jeweils reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS addiert, ebenso die restlichen HKS.

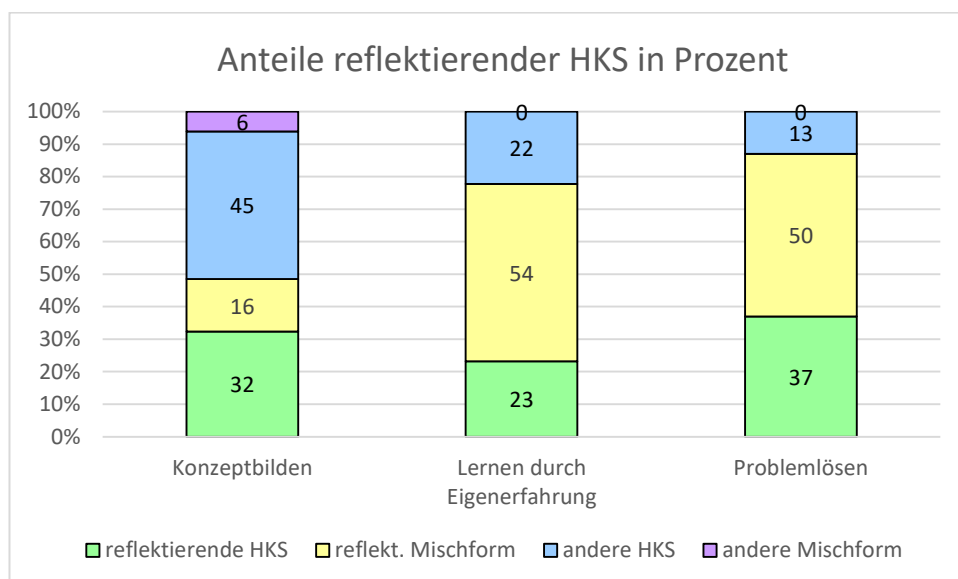


Abbildung 7: Anteile der HKS in Prozent

Die Anteile an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS sowie Anteile, in denen mindestens ein reflektierender HKS angeboten wurde, betragen demnach 48% beim KONZEPTBILDEN, 77% beim LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und 87% beim PROBLEMLÖSEN. Das bedeutet, dass in mindestens 48% der inhaltlichen Lernmöglichkeiten die Möglichkeit zur Reflexion bzw. der gedanklichen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand gegeben war. Werden nur die reinen reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS gezählt, so sind dies immer noch mindestens 23% der Unterrichtszeit (beim LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG) und bis zu 31% (beim KONZEPTBILDEN) und 37% (beim PROBLEMLÖSEN). Die Hypothese 1b wird damit angenommen.

1.b Zeitlicher Anteil an reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS

Der Anteil der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS beträgt 20% oder mehr der inhaltlichen Lernmöglichkeiten.



Die Nutzung besteht im Einsatz unterrichtlicher oder außerunterrichtlicher Lernaktivitäten, also von kognitiven Aktivitäten, die Grundlage von Lernprozessen sind [...]. Nur wenn diese Lernaktivitäten stattfinden, können die angestrebten Wirkungen eintreten, und zwar unabhängig davon, ob der Unterricht eher offen angelegt oder stark lehrergesteuert ist.

Helmke & Schrader (2008, 87)

12 Ergebnisse: Ebene der Lernaktivität bzw. der Nutzung

Im vorangegangenen Kapitel wurde das Angebot beschrieben und untersucht. In der zweiten Forschungsfrage geht es um die Lernaktivität der Schülerinnen und Schüler, also um die Nutzung:

F2 Inwiefern folgen Schülerinnen und Schüler einem auf Grundlage der o.g. Basismodellen tiefenstrukturierten Sachunterrichtsangebot – inklusive der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS – im intendierten Sinne bzw. inwiefern nutzen sie es im intendierten Sinne? (Nutzungs-Ebene)

Ähnlich wie die Angebots-Seite wird auch die Nutzungs-Seite wie in Kapitel 10.2.2 bereits ausgeführt, zunächst deskriptiv dargestellt. In den folgenden Kapiteln wird näher auf die einzelnen Indikatoren Reihenfolge, Vollständigkeit, Zielorientierung und Zeit bzw. Time-on-Task und der Nutzung der reflektierenden HKS eingegangen und die Ergebnisse differenziert erläutert.

12.1 H2a: Nutzung der angebotenen Tiefenstrukturierung

Im vorhergehenden Kapitel wurde sichergestellt, dass das Angebot basismodell-konform strukturiert wurde. Nun wird analysiert, inwiefern die Schülerinnen und Schüler der durch die Basismodelle vorgegebenen Tiefenstruktur auch folgen können. Die Hypothese lautete:

Hypothese 2a:

Die Schülerinnen und Schüler können der durch die Basismodelle vorgegebenen Tiefenstruktur, inklusive den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS, zu einem hohen Grad folgen, sofern das Angebot basismodell-konform strukturiert ist.

Ob die Hypothese angenommen wird, wird an vier Indikatoren festgestellt: der Zielorientierung, der Reihenfolge und der aktiven Lernzeit im Unterricht. Diese Indikatoren werden nachfolgend einzeln ausgeführt. Zunächst werden die Ergebnisse dargestellt und der Indikator angenommen oder verworfen. Danach werden die Ergebnisse jeweils noch einmal genauer beleuchtet.

12.1.1 Zielorientierung

Der Indikator „Zielorientierung“ zeigt auf, inwiefern die Schülerinnen und Schüler trotz eines zielorientierten Angebots in Schritte eines anderen Basismodells wechseln. Das wäre der Fall, wenn ein HKS anders genutzt wird, als das Angebot es vorsieht (z.B., wenn der HKS 5 des KONZEPTBILDENS, also die Anwendung eines Konzeptes in anderen Kontexten, angeboten wird, ein Schüler jedoch stattdessen den HKS 5 des ERFAHRUNGSLERNENS durchführt, also ähnliche Erfahrungen reflektiert).

In Tabelle 30 sind die Ergebnisse zusammengefasst über alle Basismodelle hinweg ablesbar. Dabei wurde das Angebot bereits berücksichtigt, d.h., dass angebotene Schritte eines anderen Basismodells nicht als Abweichung gewertet werden (da die Schülerinnen und Schüler der jeweiligen Instruktion gefolgt sind). Wie in Kapitel 8.2 bereits erwähnt, wird eine Stufung vorgenommen: Bei 0 - 1 Abweichung pro Schülerin bzw. Schüler wird eine exzellente Nutzung angenommen, bei 2 - 3 Abweichungen eine gute Nutzung, bei 4 - 5 Abweichungen eine noch akzeptable Nutzung und bei sechs oder mehr Abweichungen eine nicht mehr akzeptable Nutzung.

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
0-1 Abweichung: exzellente Nutzung	14	66,7	66,7
2-3 Abweichungen: gute Nutzung	6	28,6	95,2
4-5 Abweichungen: noch akzeptabel	1	4,8	100
6 oder mehr: nicht mehr akzeptabel	0	0	100
Gesamt	21	100	100
Mittelwert	1,29		
Standardabweichung	1		

Tabelle 30: Abweichungen „Zielorientierung“ insgesamt

Es zeigt sich, dass zwei Drittel (66,7%) der Schülerinnen und Schüler das Angebot in Bezug auf die Zielorientierung absolut basismodellkonform nutzen. Fast alle Schülerinnen und Schüler (ca. 95%) weichen nicht nennenswert von der Struktur der Basismodelle ab. Damit wird der Indikator „Zielorientierung“ als zutreffend angesehen.

2.1 Indikator Zielorientierung

Wird jeweils auf ein Basismodell fokussiert, d.h. nicht zwischen den einzelnen Basismodellen gewechselt?



Nun wird die Zielorientierung noch einmal genauer nach Basismodellen aufgeführt. Die Tabelle 31 zeigt die Abweichungen nach Basismodellen. Dabei sind in der ersten und zweiten Spalte die Anzahl der HKS aus anderen Basismodellen und die Anzahl der Abweichungen abzulesen. Der Optimalwert der Anzahl der HKS aus anderen Basismodellen beträgt „0“, was bedeutet, dass dem Basismodell konsequent gefolgt wurde, ohne in ein anderes Basismodell zu wechseln. Bei einer Abweichung sind in der dritten und vierten Spalte das Basismodell, in das abgewichen wurde, und der dazugehörige HKS abzulesen.

Lernen durch Eigenerfahrung			
Anzahl der HKS aus anderen Basismodellen	Anzahl der Abweichungen	bei Abweichungen	
		Basismodell	HKS*
0	41	-	-
1	0	-	-
2	1	Konzeptbilden	71, 72 (je 1x)
3 und mehr	0	-	-
Konzeptbilden			
Anzahl der HKS aus anderen Basismodellen	Anzahl der Abweichungen	bei Abweichungen	
		Basismodell	HKS*
0	42	-	-
1	0	-	-
2	0	-	-
3 und mehr	0	-	-
Problemlösen			
Anzahl der HKS aus anderen Basismodellen	Anzahl der Abweichungen	bei Abweichungen	
		Basismodell	HKS*
0	11	-	-
1	8	Konzeptbilden	71 (3x), 75 (5x)
2	2	Konzeptbilden, Lernen durch Eigenerfahrung	75 und 61 (1x), 71 und 64 (1x)
3 und mehr	0	-	-

*Tabelle 31: Überblick über die Zielorientierung (Nutzung), *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt*

Es ist zu beachten, dass die Anzahl der möglichen Abweichungen insgesamt in den Basismodellen KONZEPTBILDEN und LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG jeweils 42 betragen, da sie in der Unterrichtseinheit jeweils zwei Mal durchgeführt wurden, PROBLEMLÖSEN jedoch nur einmal. Im Basismodell PROBLEMLÖSEN ist die Anzahl der absoluten Abweichung trotzdem höher. Am häufigsten wurde hier in das Basismodell KONZEPTBILDEN gewechselt (zehn Mal), zweimal in das Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG.

Das Basismodell KONZEPTBILDEN hingegen wurde ohne Abweichungen wie vorgesehen genutzt. Das Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG wurde nur in einer einzigen Stunde von einem Schüler oder einer Schülerin nicht konsequent genutzt, hier wurde in das Basismodell KONZEPTBILDEN gewechselt.

12.1.2 Reihenfolge

Der Indikator „Reihenfolge“ zeigt an, inwiefern die Schülerinnen und Schüler die Reihenfolge der Schritte einhalten. Das ist vor allem in den Phasen relevant, in denen mehrere HKS gleichzeitig angeboten werden (z.B. auf einem Arbeitsblatt).

Die Tabelle 32 zeigt im Überblick über alle Basismodelle, wie viele HKS insgesamt in der Reihenfolge im Vergleich zur idealen Durchführung der Basismodelle vertauscht wurden.

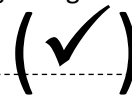
	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
0-1 Abweichung: exzellente Nutzung	0	0	0
2-3 Abweichungen: gute Nutzung	8	38	38,1
4-5 Abweichungen: noch akzeptabel	10	47,6	85,7
6 oder mehr: nicht mehr akzeptabel	3	15,3	100
Gesamt	21	100	100
Mittelwert	4		
Standardabweichung	1,45		

Tabelle 32: Abweichungen „Reihenfolge“ gesamt

Es zeigt sich, dass 86% der Schülerinnen und Schüler das Angebot in Bezug auf die Reihenfolge gut oder akzeptabel nutzen. Die restlichen 15% der Schülerinnen und Schüler nutzen das Angebot in Bezug auf die Reihenfolge nicht mehr basismodell-konform. Damit wird der Indikator als zutreffend angesehen, allerdings mit noch zu diskutierenden Einschränkungen.

2.2 Indikator Reihenfolge

Werden die jeweiligen Handlungskettenschritte eines Basismodells in der richtigen Reihenfolge durchgeführt? Dabei kann zwar auf einen vorherigen Handlungskettenschritt zurückgegriffen werden, Schritte dürfen aber nicht in ihrer Reihenfolge umgedreht werden.



Die Tabelle 33 zeigt das Ergebnis nach Basismodellen an und gibt Aufschluss darüber, wie viele und welche HKS in den jeweiligen Basismodellen von den Schülerinnen und Schülern vertauscht wurden. Die erste Spalte zeigt die Anzahl der vertauschten HKS an, die zweite Spalte die Anzahl der Fälle und in der dritten Spalte ist abzulesen, um welche vertauschten HKS es sich genau handelt.

Lernen durch Eigenerfahrung		
Anzahl der vertauschten HKS	Anzahl der Abweichungen	Vertauschte HKS* und Anzahl der jeweiligen HKS
0	18	-
1	8	62-64 (8x)
2	15	62-63 (5x); 62-64 (8x), 62-64 und 62-65 (je 1x)
3	3	61-62, 62-64 und 62-65 (je 1x)
4	1	62-64 (1x)
Konzeptbilden		
Anzahl der vertauschten HKS	Anzahl der Abweichungen	Vertauschte HKS* und Anzahl der jeweiligen HKS
0	23	-
1	18	72-74(5x), 72-75(6x), 71-75(4x), 73-75(2x)
2	2	71-73 und 73-75 (1x), 72-74 und 72-75 (1x)
3	0	-
4	0	-
Problemlösen		
Anzahl der vertauschten HKS	Anzahl der Abweichungen	Vertauschte HKS* und Anzahl der jeweiligen HKS
0	7	-
1	10	81-83 (10x)
2	4	81-83 (4x)
3	0	-
4	0	-

*Tabelle 33: Überblick über die Reihenfolge (Nutzung), *siehe Kapitel 9.9.2: Die erste Ziffer gibt das Basismodell an, die zweite Ziffer den Schritt*

Es zeigt sich, dass im Basismodell PROBLEMLÖSEN im Verhältnis mehr HKS vertauscht wurden, als in den anderen Basismodellen (bei denen die doppelte theoretisch mögliche Anzahl an Abweichungen vorlag).

12.1.3 Vollständigkeit

Der Indikator „Vollständigkeit“ zeigt an, inwiefern die Schülerinnen und Schüler den angebotenen Basismodell-Schritten vollständig gefolgt sind oder Schritte ausgelassen haben. Das kann z.B. der Fall sein, wenn die Schülerinnen und Schüler für einen HKS länger als vorgesehen brauchen und deshalb einen anderen auslassen oder wenn sie einen HKS nicht im intendierten Sinn nutzen (z.B. wenn das Angebot eine Systematisierung von Erfahrungen vorsieht (HKS 5), die Schülerinnen und Schüler jedoch eigene Erfahrungen reflektieren (HKS3)). Die Tabelle 34 zeigt die Abweichungen von einer idealen Nutzung der angebotenen Tiefenstrukturierung im Überblick über alle Basismodelle.

	Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
0-1 Abweichung: exzellente Nutzung	11	52,4	52,4
2-3 Abweichungen: gute Nutzung	2	9,6	61,9
4-5 Abweichungen: noch akzeptabel	8	38	100
6 oder mehr: nicht mehr akzeptabel	0	0	100
Gesamt	21	100	100
Mittelwert	2,29		
Standardabweichung	1,93		

Tabelle 34: Abweichungen „Vollständigkeit“ gesamt

Es zeigt sich, dass fast zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler das Angebot in Bezug auf die Vollständigkeit exzellent oder gut nutzen, die übrigen Schülerinnen und Schüler noch akzeptabel. Der Indikator wird damit als zutreffend angesehen.

2.3 Indikator Vollständigkeit

Werden die jeweiligen Basismodelle vollständig durchgeführt, also keine Handlungskettenschritte übersprungen oder ausgelassen?



Die folgende Tabelle (Tabelle 35) zeigt, wie viele der insgesamt fünf HKS des jeweiligen Basismodells von den Schülerinnen und Schülern genutzt wurde. Die Spalte „fehlende HKS“ zeigt an, welcher HKS ausgelassen wurde, wenn weniger als alle fünf HKS genutzt wurden.

Lernen durch Eigenerfahrung		
Anz. der HKS des BM	Anzahl der Fälle	Fehlende HKS
5	27	-
4	6	65
3	9	-
Konzeptbilden		
Anz. der HKS des BM	Anzahl der Fälle	Fehlende HKS
5	35	-
4	7	75
3	0	-
Problemlösen		
Anz. der HKS des BM	Anzahl der Fälle	Fehlende HKS
5	15	-
4	6	81 (4), 85 (2)
3	0	-

Tabelle 35: Vollständigkeit der Nutzung nach Basismodellen

Insgesamt wurden in 19 von 105 Fällen jeweils ein HKS ausgelassen. Bei den ausgelassenen HKS handelt es sich in den meisten Fällen (15 von 19) um einen reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS. Die Anzahl der fehlenden HKS ist bei den unterschiedlichen Basismodellen ähnlich, jedoch muss beachtet werden, dass es sich beim PROBLEMLÖSEN nur um die Hälfte der Fälle handelt, da es nur einmal durchgeführt wurde.

12.1.4 Indikatoren Zielorientierung, Vollständigkeit und Reihenfolge nach Basismodellen

In diesem Kapitel werden die Indikatoren noch einmal nach Basismodellen aufgeschlüsselt, um einen besseren Einblick in die Nutzung einzelner Basismodelle zu erhalten.

Um einen Vergleich zu haben, wurde die Nutzung des Lernangebots über alle Basismodelle und Indikatoren hinweg in der Abbildung 8 addiert und in Prozent angegeben (Darstellung in Prozent, da das Basismodell PROBLEMLÖSEN weniger Fälle einschließt). Danach wird die Nutzung nach Basismodellen abgebildet.

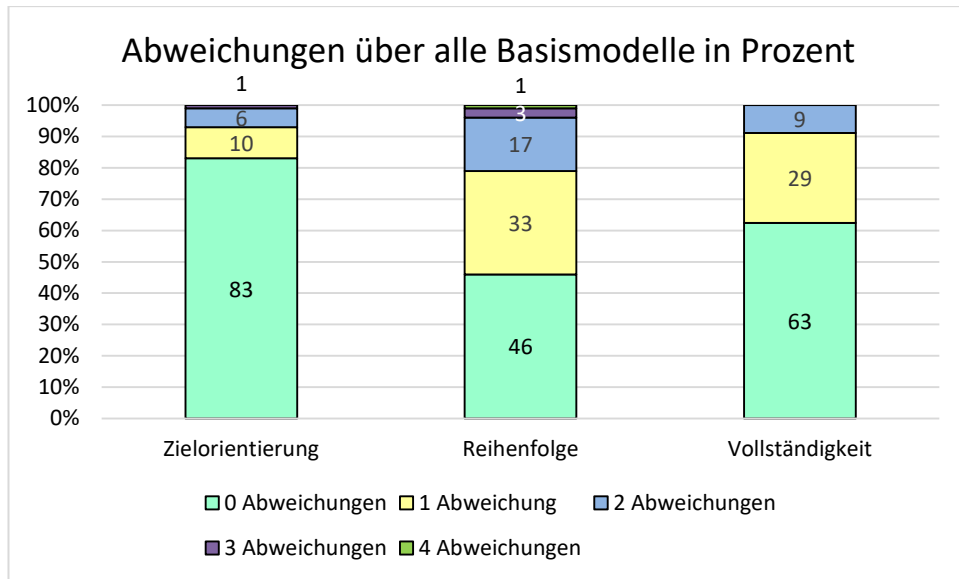


Abbildung 8: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung über alle drei Basismodelle hinweg, Angaben in Prozent

Die Abbildung 9 zeigt die Nutzung des Basismodells LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG. Es zeigt sich, dass die Zielorientierung hier fast optimal verläuft. Auch die Vollständigkeit wird in 78% mit keiner bis einer Abweichung gut genutzt. Problematisch scheint hingegen die Reihenfolge zu sein, denn in 38% der Fälle wird zwei bis vier Mal abgewichen.

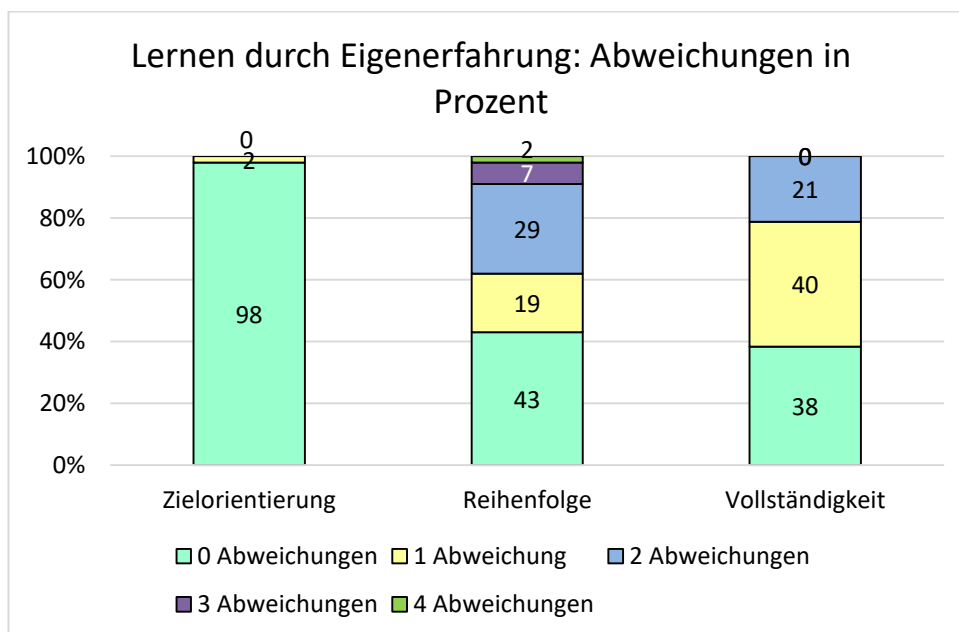


Abbildung 9: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG in Prozent

Auch beim Basismodell KONZEPTBILDEN trifft der Indikator Zielorientierung optimal und ohne Abweichungen zu (vgl. Abbildung 10). Auch wird es mit keiner oder einer Abweichung vollständig durchgeführt. Die Reihenfolge wird hier zwar zu 40% mit einer Abweichung genutzt, was aber immer noch einer guten Nutzung entspricht (bei 95% mit keiner oder einer Abweichung).

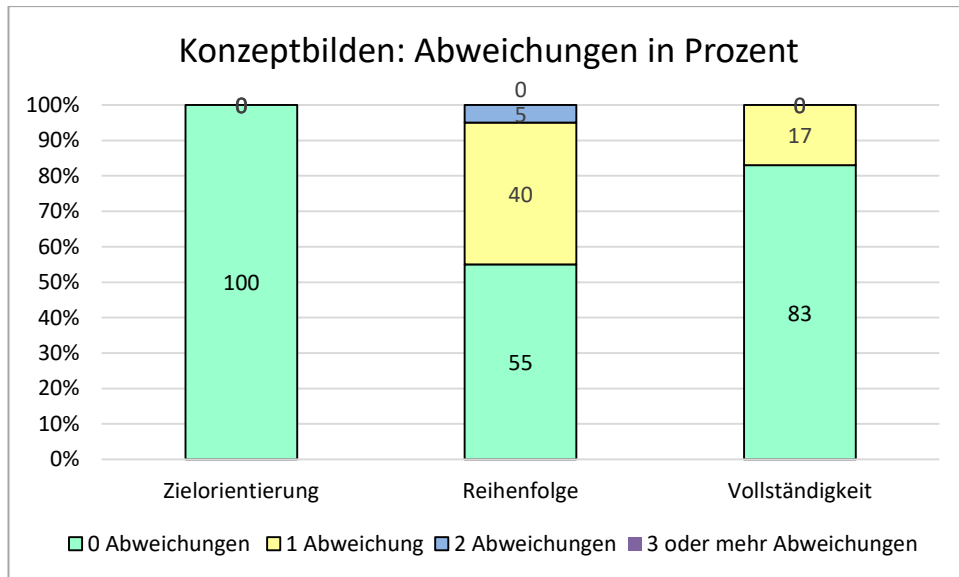


Abbildung 10: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung KONZEPTBILDEN in Prozent

Im Gegensatz zu den beiden anderen Basismodellen wird beim Basismodell PROBLEMLÖSEN die Zielorientierung in 34% der Fälle mit zwei oder drei Abweichungen umgesetzt (vgl. Abbildung 11). Dafür wird es in 70% mit keiner und in 29% mit nur einer Abweichung vollständig durchgeführt. Bei der Reihenfolge zeigen sich in 19% der Fälle zwei Abweichungen.

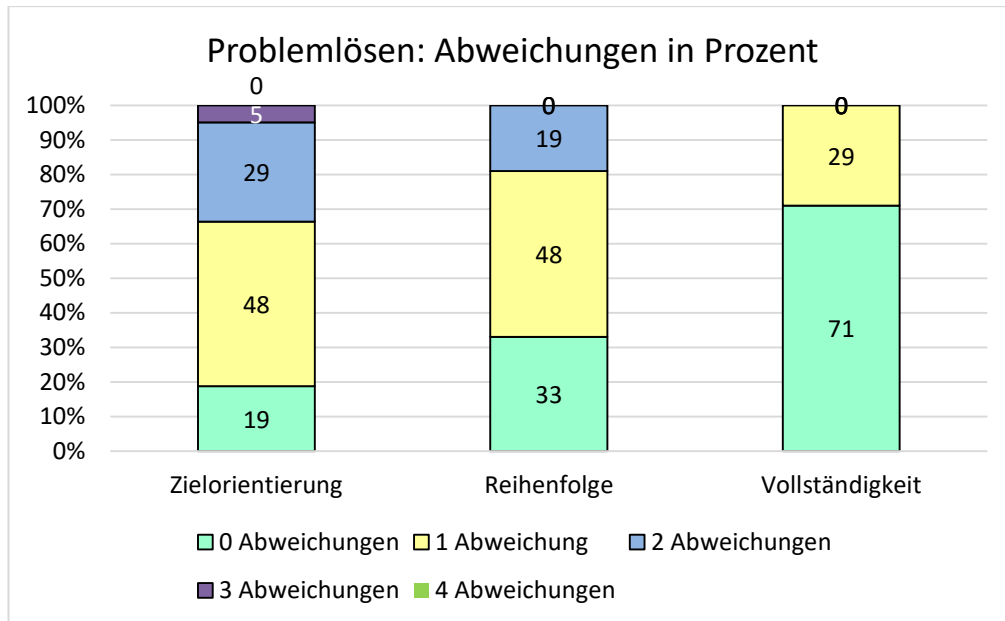


Abbildung 11: Abweichungen von der basismodell-konformen Nutzung PROBLEMLÖSEN in Prozent

Insgesamt zeigt das Basismodell KONZEPTBILDEN signifikant weniger Abweichungen als das LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und das PROBLEMLÖSEN, mit einem mittleren bzw. starken Effekt (vgl. Abbildung 12, $U_{LE, KB}(42,42) = 466$, $p < .001$, $r = .42$; $U_{KB, PL}(42,21) = 120$, $p < .001$, $r = .60$, Effektstärke „0 Unterschied zwischen zwei Medianen). Zwischen den Basismodellen LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den Abweichungen (vgl. Abbildung 12, $U_{LE, PL}(42,21) = 413$, $p < .681$, $r = .05$).

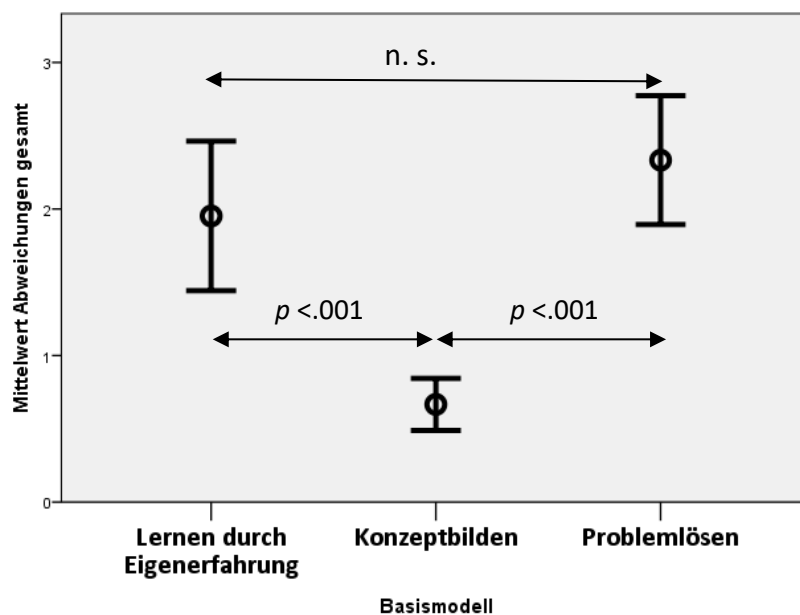


Abbildung 12: Vergleich zwischen der Nutzung nach Basismodellen

12.1.5 Aktive Lernzeit im Unterricht: Time-on-Task

Entscheidend für den Lernzuwachs ist insbesondere der zeitliche Anteil der Nutzung inhaltlicher Lernangebote von der Seite der Schülerinnen und Schüler, also die Time-on-Task (vgl. Kapitel 3.4), die der folgenden Tabelle 36 zu entnehmen ist. In der zweiten Spalte werden jeweils der geringste und der höchste Wert sowie der Mittelwert angegeben. Die dritte Spalte gibt den prozentualen Anteil der Nutzung der gesamten Unterrichtszeit an, die letzte Spalte die zeitliche Nutzung des Angebots der inhaltlichen Lernmöglichkeit.

Schule und Klasse	Nutzung der Gesamt-Unterrichtszeit in Intervallen	Nutzung der Gesamt-Unterrichtszeit in Prozent	Nutzung der inhaltl. Lernmöglichkeit in Prozent
Schule 1, Klasse 4a	640 - 687 MW= 664	71% - 76%	91% - 93%
Schule 1, Klasse 4b	560 - 633 MW= 597	62% - 70%	81% - 88%
Schule 2, Klasse 4a	635 - 663 MW= 648	71% - 74%	86% - 88%
Schule 2, Klasse 4b	544 - 575 MW= 559	60% - 64%	85% - 88%
Schule 3, Klasse 4	617 - 707 MW= 654	69% - 79%	86% - 96%

Tabelle 36: Überblick über die Time-on-Task

Dabei zeigt sich, dass zwischen 81% und 96% der angebotenen inhaltlichen Lernmöglichkeiten von den Schülerinnen und Schülern genutzt wird. Das entspricht fast Dreiviertel der Unterrichtszeit. Damit liegt die Time-on-Task deutlich über den in anderen Studien festgestellten Wert von 75%, der auch hier als Grenzwert angenommen wurde. Der Indikator wird damit als zutreffend angesehen.

2.4 Indikator Zeit bzw. Time-on-Task

Werden die inhaltlichen Lernmöglichkeiten bei einem nach den o.g. Basismodellen strukturierten Lernangebot zeitlich angemessen ($\geq 75\%$) genutzt (Time-on-Task)?



12.1.6 H2a: Zusammenfassung der Ergebnisse

Inwiefern die Schülerinnen und Schüler der durch die Basismodelle vorgegebenen Tiefenstrukturierung folgen können, wurde durch vier Indikatoren Zielorientierung, Reihenfolge, Vollständigkeit und Time-on-Task bestimmt. Die Indikatoren werden als zutreffend angesehen, weshalb die Hypothese 2a angenommen wird. Allerdings zeigte sich, dass der Indikator *Reihenfolge* einigen Schülerinnen und Schülern Probleme bereitete.

Hypothese 2a:

Die Schülerinnen und Schüler können der durch die Basismodelle vorgegebenen Tiefenstruktur, inklusive den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS, zu einem hohen Grad folgen, sofern das Angebot basismodell-konform strukturiert ist.



12.2 H2b: Nutzung reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter HKS

Es muss sichergestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler auch die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zeitlich nutzen. Die Hypothese lautete:

Hypothese 2b:

Die Schülerinnen und Schüler nutzen das Angebot der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zu einem prozentual hohen Zeitanteil.

Dabei bilden die Zeitintervalle, in denen reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS angeboten werden, zusammen 100%. Die Hypothese wird angenommen, wenn der Mittelwert der von den Schülerinnen und Schülern zeitlich genutzten Anteile bei $\geq 75\%$ des Angebots liegt. Die Tabelle 37 auf der nächsten Seite zeigt das Angebot für jeden HKS in Minuten und die Nutzung in Minuten. Das Angebot beinhaltet neben den reinen HKS 1-5 jedes Basismodells auch sogenannte „reflektierende Mischformen“. Wie zuvor schon ausgeführt, sind „Mischformen“ Intervalle, in denen mehrere HKS gleichzeitig angeboten werden (wie z.B. auf einem Arbeitsblatt, auf dem mehrere HKS durchgeführt werden sollen, es aber den Schülerinnen und Schülern überlassen bleibt, wie viel Zeit sie für welchen HKS aufwenden). Da die Schülerinnen und Schüler jedoch immer nur einen HKS zur gleichen Zeit durchführen, wurden Mischformen nur im Angebot kodiert. Als „reflektierende Mischform“ werden diejenigen Intervalle bezeichnet, in denen *mindestens* ein reflektierender bzw. kognitiv ausgerichteter HKS angeboten wurde. Da die Schülerinnen und Schüler immer nur einen der HKS nutzen können, findet sich die Nutzung der „reflektierenden Mischform“ in den

einzelnen HKS wieder. Darin liegt auch begründet, dass die Nutzung eines HKS höher sein kann als das Angebot. Liegt die Nutzung z.B. bei KB 2 acht Minuten über dem Angebot, wurden acht Minuten der reflektierenden Mischform im Sinne des HKS 2 des Basismodells KONZEPTBILDEN genutzt. In der letzten Spalte wurden im Angebot die reflektierenden HKS und die reflektierende Mischform addiert, in der Nutzung entsprechend die reflektierenden HKS. Diese Spalte dient nur einem ersten Überblick und muss mit Vorsicht interpretiert werden. Denn dass es theoretisch möglich ist, dass Angebot im Sinne eines reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zu nutzen, bedeutet nicht, dass es auch so intendiert wurde.

Da sich Unterschiede in der zeitlichen Nutzung in den Schulklassen, aber auch unter den Schülerinnen und Schülern ergaben, gibt die Tabelle 37 auf der nächsten Seite zusätzlich einen Überblick über die jeweilige Standardabweichung, Minimum und Maximum der Nutzung. So lassen sich die danach ausgeführten Ergebnisse, bei denen nur noch der Mittelwert verglichen wird, besser einordnen. Die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS sind hellgrau unterlegt.

Konzeptbilden	KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5	Summe reflektierender HKS	Reflektierende Mischform	Mögliche reflektierende HKS gesamt
Mittelwert Angebot in Minuten	29	30	11	26	5	42	22	64
Mittelwert Nutzung in Minuten*	28	38	18	22	8	48	-	48
Nutzung des Angebots in Prozent*	97%	127%	163%	85%	160%	114%	-	75%
Standardabweichung Nutzung	7,9	7	4,1	8	5,7			
Minimum Nutzung	16,5	24,5	10	8,5	0			
Maximum Nutzung	45	51,5	24	40,5	16,5			
Lernen durch Eigenerfahrung	LE 1	LE 2	LE 3	LE 4	LE 5	Summe reflektierender HKS	Reflektierende Mischform	Mögliche reflektierende HKS gesamt
Mittelwert Angebot in Minuten	21	10	2	21	19	42	104	146
Mittelwert Nutzung in Minuten*	27	64	10	24	8	42	-	42
Nutzung des Angebots in Prozent*	129%	640%	500%	114%	42%	100%	-	29%
Standardabweichung Nutzung	5,3	6,5	8,6	7,1	4,6			
Minimum Nutzung	18	52	0	4,5	2,5			
Maximum Nutzung	37,5	75,5	20,5	34	24,5			
Problemlösen	PL 1	PL 2	PL 3	PL 4	PL 5	Summe reflektierender HKS	Reflektierende Mischform	Mögliche reflektierende HKS gesamt
Mittelwert Angebot in Minuten	1	4	5	3	16	21	27	48
Mittelwert Nutzung in Minuten*	1	4	8	16	10	18	-	18
Nutzung des Angebots in Prozent*	100%	100%	160%	533%	62,5%	86%	-	38%
Standardabweichung Nutzung	0,5	1,5	4,1	7,1	6			
Minimum Nutzung	0	1,5	3,5	2	0			
Maximum Nutzung	2	7,5	20	29	20,5			

Tabelle 37: Übersicht über die Nutzung der jeweiligen Basismodelle und HKS

*Die Nutzung kann mehr als 100% des Angebots betragen, wenn die Schülerinnen und Schüler Anteile der reflektierenden Mischform für diesen HKS genutzt haben.

Um die Hypothese prüfen zu können, muss die Nutzung mit dem Angebot verglichen werden. Die Abbildung 13 zeigt noch einmal das Angebot und die Nutzung der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS in Prozent.

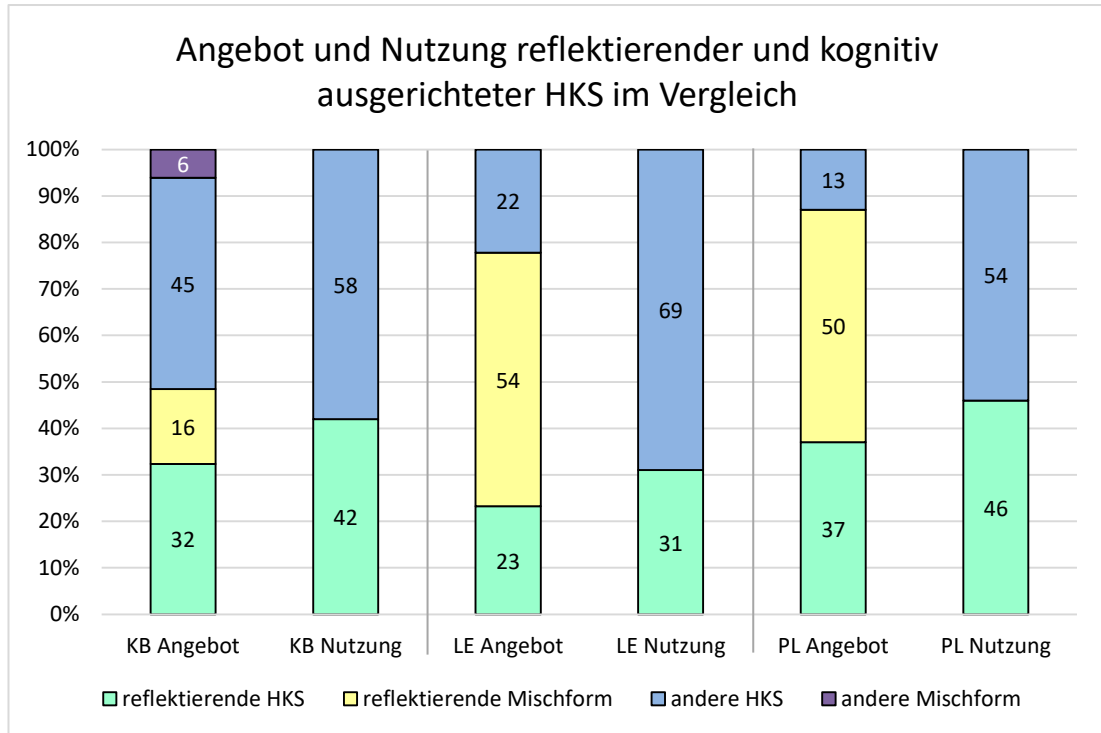


Abbildung 13: Angebot und Nutzung reflektierender und kognitiv ausgerichteter HKS im Vergleich, Angaben in Prozent

Es zeigt sich, dass die rein reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zeitlich zu 100% genutzt werden. Zudem wird ein Teil der „reflektierenden Mischform“ zusätzlich als reflektierender HKS genutzt. Bei der Interpretation muss beachtet werden, dass das Angebot der „reflektierenden Mischform“ nicht bedeutet, dass es sinnvoll ist, ausschließlich die reflektierenden HKS zu nutzen. Dies wird am Beispiel des PROBLEMLÖSENS deutlich: Hier sind nur 13% der angebotenen HKS handlungsaktiv ausgerichtet. Allerdings kann es je nach Problemstellung teilweise sinnvoll sein, mehrere Lösungswege handlungsaktiv zu testen und somit mehr Zeit darauf zu verwenden. Das haben die Schülerinnen und Schüler in diesem Fall auch getan, indem sie über die Hälfte (54%) des Lernangebots als handlungsaktive HKS genutzt haben.

Da die Schülerinnen und Schüler das Angebot der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zu 100% der Zeit genutzt haben und zusätzlich zwischen acht und zehn Prozent der angebotenen Mischform als reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS nutzten (Abbildung 13), wird die Hypothese angenommen.

Hypothese 2b:

Die Schülerinnen und Schüler nutzen das Angebot der reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zu einem prozentual hohen Zeitanteil.



“Es scheint der Grundschule folglich nicht zu gelingen, Mädchen in allen [naturwissenschaftlichen] Kompetenzbereichen so zu fördern und zu motivieren, dass sie einen [mit den Jungen] vergleichbaren Anteil in der Gruppe der Schülerinnen und Schüler mit extrem hohen Kompetenzen in allen Bereichen haben.“

Bos et al. (2012, 25)

13 Ergebnisse: Ebene des Lernzuwachses bzw. des Ertrags

Da nun sichergestellt ist, dass das Angebot größtenteils basismodell-konform durchgeführt wurde und die Schülerinnen und Schüler es auch nutzen konnten, beschäftigt sich die dritte und letzte Forschungsfrage nun mit der Wirkung bzw. dem Ertrag der durchgeführten Unterrichtseinheit.

F3 Inwiefern führt eine Unterrichtseinheit, die anhand der drei o.g. Basismodelle tiefenstrukturiert ist, zu einem Lernerfolg? (Ebene der Wirkung/des Ertrags)

Lernerfolg wird hier unter anderem, aber nicht nur, als konzeptueller und deklarativer Wissenszuwachs verstanden. Dabei ist es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen (kognitiven) Voraussetzungen gleichermaßen gefördert bzw. gefordert werden. Zudem wird auch eine Erhaltung des Interesses bei Mädchen und Jungen als ein wichtiger Ertrag von Unterricht angesehen. Analog dazu sind die folgenden Kapitel gegliedert in den Lernzuwachs im Bereich des konzeptuellen Wissens, das Interesse und die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen.

13.1 H3.1: Lernzuwachs im Bereich konzeptuellen und deklarativen Wissens

Vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt lernten die Schülerinnen und Schüler signifikant dazu ($t(106) = 7.95, p < .001, d = 0.81$). Die Effektstärke Cohens $d = 0.81$ (bzw. $r = 0.37$) entspricht einem großen Effekt (Vertrauensintervall des Mittelwerts = $-3.829/-2.301$). Eine genaue Übersicht sowie die Konfidenzintervalle finden sich in Tabelle 38.

MZP	Mittelwert Punktzahl	Standard- abweichung	95%-Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
1	5.53	2.94	4.97	6.09
2	8.56	4.53	7.69	9.42

Tabelle 38: Übersicht über den Lernzuwachs, MZP= Messzeitpunkt

Da, wie in Kapitel 8.3 erläutert, eine Effektstärke ab Cohens $d \geq .5$ als moderater Lernerfolg angesehen wird, wird die Hypothese angenommen.

Hypothese 3.1.a:

Eine nach den o.g. Basismodellen geplante Unterrichtseinheit führt zu einem moderaten Lernerfolg im Bereich des deklarativen und konzeptuellen Wissens.



Um die Ergebnisse zu veranschaulichen und mit den Ergebnissen der Studie von Zander et al. (2015, vgl. Kapitel 6.6) vergleichbar zu machen, wurden die Schülerinnen und Schüler in drei Gruppen aufgeteilt (nach den Leistungen im Vortest). Dabei wird der marginale Datenverlust durch die Aufsplittung in Gruppen zugunsten der besseren Einordnung der Ergebnisse im Vergleich in Kauf genommen.

Ebenso wie in der Studie von Zander et al. (2015, vgl. Kapitel 6.6) hat sich auch in dieser Studie der prozentuale Anteil der Schülerinnen und Schüler in der Gruppe der leistungsschwächeren vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt fast halbiert (Abbildung 14). Bei einer Stichprobe von 107 Schülerinnen und Schülern insgesamt entspricht das einer Schüleranzahl von 58 zum ersten und 28 zum zweiten Messzeitpunkt.

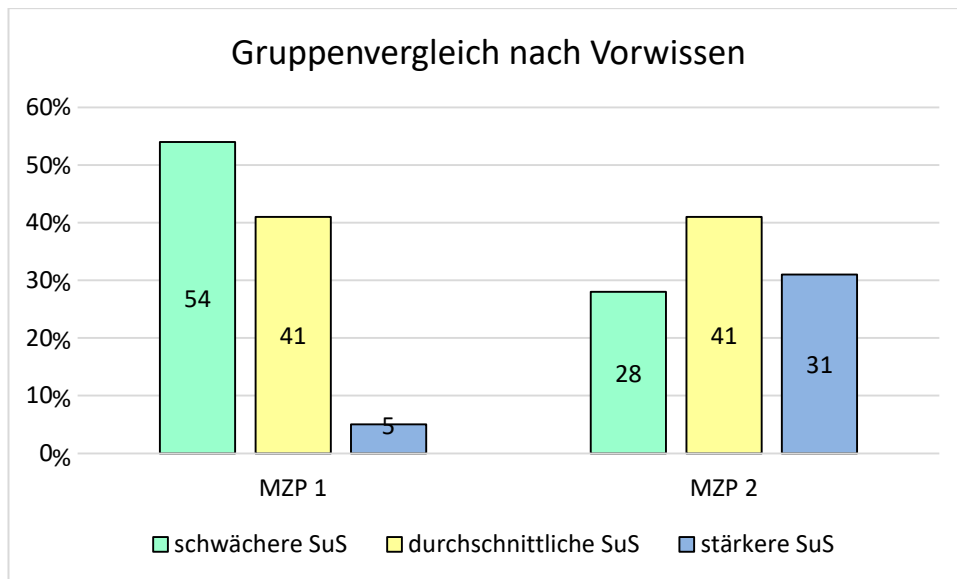


Abbildung 14: Gruppenvergleich nach Vorwissen, Angaben in Prozent, $n_{\text{gesamt}} = 107$

Da die Basismodelle auch stark kognitiv orientierte Phasen einschließen, muss nachgewiesen werden, dass Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihren kognitiven Voraussetzungen vom Lernangebot profitieren können. Hierfür wurden die Schülerinnen und Schüler nach ihrem Vorwissen in drei gleich große Gruppen aufgeteilt und eine einfaktorielle Kovarianzanalyse (Ancova) mit der Kovariate *kognitive Fähigkeiten* berechnet. Es zeigt sich, dass eine Homogenität in den Regressionskoeffizienten vorliegt ($F = .23, p = .8$), ein Levene-Test zeigt, dass keine Varianzungleichheit gegeben ist ($T = .89, p = .41$). Damit sind die notwendigen Voraussetzungen für eine Kovarianzanalyse erfüllt.

Die Kovarianzanalyse ergab erwartungskonform, dass die kognitiven Fähigkeiten einen signifikanten Einfluss auf den Lernzuwachs haben ($F(1, 106) = 13.41, p < .001, \eta^2 = .12$). Das Vorwissen hingegen hat keinen signifikanten Effekt auf den Lernzuwachs, wenn der Einfluss der kognitiven Fähigkeiten konstant gehalten wird ($F(2, 106) = 1.44, p = .24, \eta^2 = .03$). Außerdem ergibt sich ein signifikanter Interaktionseffekt ($F(3, 106) = 4.9, p = .003, \eta^2 = .13$).

Um festzustellen, ob die Schülerinnen und Schüler mit niedrigeren kognitiven Fähigkeiten ebenso etwas dazu gelernt haben, wurde eine zweifaktorielle Messwiederholungs-Anova berechnet (Abbildung 15). Der Unterschied zwischen den Gruppen ist erwartungskonform signifikant ($F(2, 106) = 5.74, p = .004$) und entspricht einem kleinen Effekt zwischen den Gruppen mit geringeren und mittleren kognitiven Fähigkeiten (Cohens $d = .35$), einem kleinen Effekt zwischen der Gruppe mit den mittleren und höheren kognitiven Fähigkeiten (Cohens $d = .32$) und einem großen Effekt zwischen der Gruppe mit den niedrigeren und höheren kognitiven Fähigkeiten (Cohens $d = .58$).

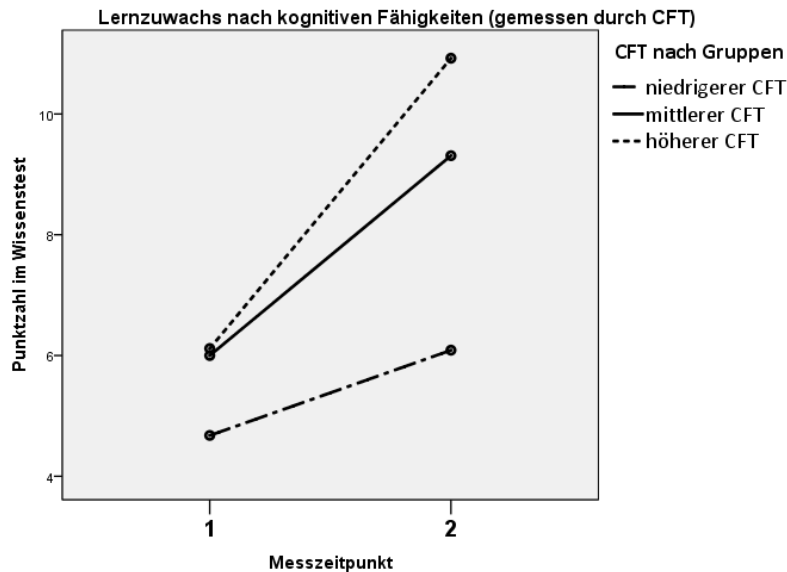


Abbildung 15: Lernzuwachs nach kognitiven Fähigkeiten, gemessen durch den CFT-R-20

Trotz der Unterschiede zwischen den Gruppen hat jede Gruppe signifikant dazugelernt: Die Gruppe mit den geringeren kognitiven Fähigkeiten mit einer kleinen bis mittleren Effektstärke ($t(34) = 3.1$, $p = .004$, Cohens $d = .44$), die Gruppe mit den mittleren kognitiven Fähigkeiten mit einer großen Effektstärke ($t(41) = 4.85$, $p < .001$, Cohens $d = .84$) und die Gruppe mit höheren kognitiven Fähigkeiten mit einer sehr großen Effektstärke ($t(25) = 5.65$, $p < .001$, Cohens $d = 1.3$).

Hypothese 3.1.b:

Sowohl Schülerinnen und Schüler mit höheren als auch mit niedrigeren kognitiven Fähigkeiten profitieren in Bezug auf ihre Lernleistung von der nach den o.g. Basismodellen geplanten Unterrichtseinheit.



Natürlich beschreibt die Aufteilung nach kognitiven Fähigkeiten nicht die Vielfalt der lernrelevanten Faktoren innerhalb einer Lerngruppe, dennoch gibt sie erste Hinweise auf die Eignung der Basismodelle für die Planung von Grundschulunterricht (vgl. Kapitel 6.6 und 8.3).

13.2 H3.2: Interesse

Bei der Messung des Interesses musste ein Schüler auf Grund seines unlesbaren Fragebogens ausgeschlossen werden. Die Bandbreite der Antworten erstreckt sich über die gesamte vierstufige Likert-Skala, wobei die Schülerinnen und Schüler tendenziell eher hohes Interesse bekundeten (vgl. Tabelle 39).

Messzeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Prozente		
						25th	50th (Median)	75th
Interesse_1	106	2,69	,66	1,00	4,00	2,2	2,8	3,2
Interesse_2	106	2,67	,69	1,00	4,00	2,35	2,8	3,2

Tabelle 39: Interesse an physikalischen Themen

Wie der Tabelle 39 zu entnehmen, bleibt das gemittelte Interesse vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt konstant. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest konnte keine signifikanten Unterschiede des Interesses zwischen den Zeitpunkten nachweisen ($T(106)=z=-.002$, $p=.99$). Wie der Tabelle 40 zu entnehmen ist, bedeutet das, dass sich die Angabe des Interesses bei 17 Schülerinnen und Schülern vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt im Mittel nicht verändert haben. Insgesamt 47 Schülerinnen und Schüler geben an, nach der Unterrichtseinheit ein höheres Interesse an physikalischen Themen zu haben, 42 Schülerinnen und Schüler ein geringeres.

		N	Mittlerer Rang	Summe der Ränge
Interesse_2 - Interesse_1	Negative Ränge	42 ^a	47,69	2003
	Positive Ränge	47 ^b	42,60	2002
	Konstant	17 ^c		
	Total	106		

a. Interesse_2 < Interesse_1

b. Interesse_2 > Interesse_1

c. Interesse_2 = Interesse_1

Tabelle 40: Rangwerte Interesse

Die Hypothese wird somit angenommen.

Hypothese 3.2:

Im Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen MZP1 und MZP2.



13.3 H3.3: Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen

Für den Faktor Geschlecht lässt sich in Bezug auf den Lernzuwachs mit einer einfaktoriellen Messwiederholungs-Anova kein signifikanter Effekt nachweisen ($F(1, 106) = .66$, $p = .418$).

Die Tabelle 41 zeigt die Mittelwertunterschiede von Mädchen und Jungen im Prätest (MZP 1) und Posttest (MZP2) an. Die Unterschiede sind nicht statistisch bedeutsam.

Geschlecht	MZP	Mittelwert	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Mädchen	1	4,89	,44	4,02	5,75
	2	8,39	,69	7,03	9,75
Junge	1	5,97	,36	5,25	6,69
	2	8,67	,57	7,54	9,80

Tabelle 41: MW-Anova Lernzuwachs (Geschlecht*Messzeitpunkt)

Die Abbildung 16 veranschaulicht die Datenlage. Zwar liegen die Mädchen im Prätest mit einem Mittelwert von 4,89 leicht hinter der Leistung der Jungen (Mittelwert = 5,97). Dieser Wissensunterschied wird aber zum zweiten Messzeitpunkt gänzlich aufgeholt (Mittelwert Mädchen = 8,39, Jungen = 8,67).

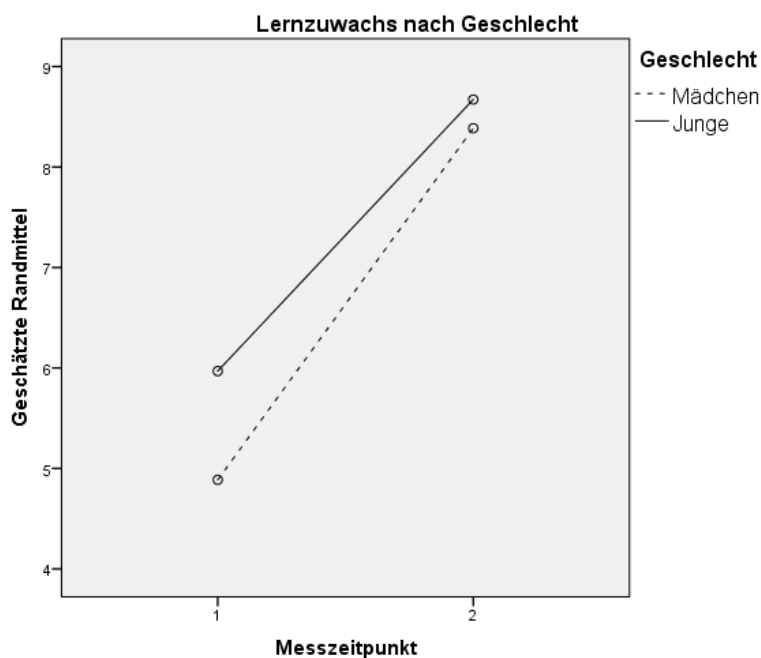


Abbildung 16: Messwiederholungs-Anova Unterschiede im Lernzuwachs zwischen Mädchen und Jungen (Messzeitpunkt*Geschlecht)

Die Hypothese wird angenommen, da sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Lernerfolg von Mädchen und Jungen zeigen.

Hypothese 3.3a:

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem *Lernerfolg* von Mädchen und Jungen.



Für das Interesse an physikalischen Themen zeigt sich kein Unterschied zwischen Mädchen und Jungen ($F(15, 106)=.91, p=.55$), auch zeigen sich keine Interaktionseffekte zwischen dem Messzeitpunkt und dem Interesse der Mädchen und Jungen ($F(15, 106)=.70, p=.78$).

Hypothese 3.3b:

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem *Interesse* an naturwissenschaftlichen Themen bei Mädchen und Jungen.



„Ganz anders stellt sich die Frage der [Unterrichts-]Qualität: Wann sprechen wir von gut und wann von schlecht, wann von funktional und wann von unzweckmäßig, wann von ‘good enough’, und wann von nicht schlecht etc.?“

Oser (2010, 47)

14 Zusammenfassung und Diskussion

Im Theorieteil wurde aufgezeigt, dass die Umsetzung von experimentellen Arbeitsweisen im physikbezogenen Sachunterricht eher einseitig stattfindet. So wird ein starker Fokus auf Hands-on-Aktivitäten gelegt, die allerdings kaum reflektiert werden. Das ist vor dem Hintergrund problematisch, dass gerade der kognitiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand hohes Lernpotential unterstellt wird (vgl. Kapitel 5). Zudem werden die unterschiedlichen Wissensarten, die in der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie beim Lernen eine Rolle spielen, nicht explizit berücksichtigt (vgl. Kapitel 2). Es wird bei der Planung von physikbezogenem Sachunterricht scheinbar nicht zwischen den Zielkategorien erfahrungsbasiertes Wissen, konzept-ähnlich aufgebautes Wissen und strategisches Wissen unterschieden (vgl. Kapitel 3). Die Basismodelle von Oser und Kollegen (z.B. 2001, vgl. Kapitel 4) scheinen eine Möglichkeit darzustellen, diese Zielkategorien explizit aufzugreifen. Um die Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts zu verfolgen, scheinen besonders drei der Basismodelle als besonders geeignet (vgl. Kapitel 6). Im Theorieteil der vorliegenden Arbeit wurde erörtert, inwiefern die Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN aus fachdidaktischer bzw. fachkonzeptioneller Perspektive den Zielen des physikbezogenen Sachunterrichts gerecht werden können. Fragwürdig bzw. bis dahin nicht empirisch untersucht war, inwiefern sich die Basismodelle im Sachunterricht umsetzen lassen. Gerade den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS wurde zwar viel Potential unterstellt, ein empirischer Beleg, dass die Schülerinnen und Schüler diese Phasen auch nutzen können, stand noch aus. Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, dieses Desiderat nachzuholen. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung werden im Folgenden zusammengefasst und diskutiert.

14.1 Zusammenfassung und Diskussion um die Implementation und Nutzung der Basismodelle

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass physikbezogener Sachunterricht auf Grundlage der Basismodelle tiefenstrukturiert und umgesetzt werden kann. Dies wurde anhand der Indikatoren Zielorientierung, Reihenfolge, Vollständigkeit sowie Anteil der inhaltlichen Lernmöglichkeiten belegt. Dabei wurde der Unterricht nicht auf Klassenebene untersucht, wie es in vorhergehenden Studien der Fall war (z.B. Wackermann, 2007; Ohle, 2010), sondern sowohl das Angebot als auch die Nutzung wurden individuell analysiert. Das hat den Vorteil, dass nicht nur das Unterrichtsangebot und die Beteiligung der aktiven Schülerinnen und Schüler in die Analyse einfließen, sondern die individuellen Lernaktivitäten aller Schülerinnen und Schüler der ausgewählten Stichprobe. So konnte empirisch belegt werden, dass Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen die hier durchgeführten Basismodelle für sich nutzen konnten.

Allerdings zeigen sich sowohl auf der Angebots-Seite als auch auf der Seite der Nutzung einzelne Schwierigkeiten. So wurde das Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG nur einmal vollständig angeboten. Inwiefern dies den Lernzuwachs beeinträchtigt, ist mit den vorliegenden Daten nicht zu belegen. Vergleiche zwischen den Klassen sind wenig sinnvoll, da der Unterricht zwar höchst standardisiert durchgeführt wurde, es jedoch Faktoren gab, die die Lerneffekte beeinflusst haben könnten. Die Stichprobe ist zu klein für eine aussagekräftige Mehrebenen-Analyse. Da das Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG in einer Klasse vollständig angeboten und auch von den Lernenden genutzt wurde, ist davon auszugehen, dass die Durchführung in der Grundschule prinzipiell möglich ist und lediglich ein Problem in der Planung oder der Instruktion vorlag.

Auf der Seite der Nutzung zeigen sich Probleme bei der Einhaltung der Reihenfolge, hauptsächlich beim Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG. Zwar wurde bei der Interpretation der Daten das unvollständige Angebot berücksichtigt, es ist allerdings durchaus denkbar, dass das unvollständige Angebot für die Schülerinnen und Schüler kontra-intuitiv war und sie deshalb Probleme mit der Reihenfolge hatten. Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Probleme durch die, im Vergleich zum KONZEPTBILDEN, größeren Handlungsspielräume der Lernenden entstanden. In diesem Fall wäre eine stärkere Moderation durch die Lehrperson sinnvoll, die nach und nach im Sinne eines Scaffoldings reduziert wird.

Der zeitliche Anteil des Lernangebots bzw. dessen Nutzung lässt positive Schlussfolgerungen zu. Mit einer Ausnahme wurden alle Basismodelle in einer Doppelstunde umgesetzt. Der hohe Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler sowie der hohe Anteil der Nutzung des Lernangebots (zwischen 81% und 96%) legen eine effektive Strukturierung des Lernangebots und eine ebensolche Nutzung nahe, was sich als eine gute Passung zwischen Angebot und Nutzung interpretieren lässt. Die Tiefenstrukturierung durch die Basismodelle zeigt sich damit als eine Möglichkeit zur Verbesserung des Zeitmanagements.

Auch die Ergebnisse der Analyse des Angebots und der Nutzung der reflektierenden und kognitiv ausgerichteten HKS lassen sich im Hinblick auf das Ziel, solche Phasen in den Unterricht zu implementieren, positiv bewerten. So wurden zwischen 23% (beim LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG) und 37% (beim PROBLEMLÖSEN) der Unterrichtszeit als rein reflektierende bzw. kognitiv ausgerichtete HKS angeboten. Dieses Angebot wurde von den Schülerinnen und Schülern genutzt. Darüber hinaus wurden auch Anteile eines gemischt handlungsaktiven und reflektierenden Angebots für die kognitive Auseinandersetzung genutzt. Es lässt sich schlussfolgern, dass sich die drei Basismodelle LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG, KONZEPTBILDEN und PROBLEMLÖSEN in den Sachunterricht implementieren lassen, ohne die reflektierenden und kognitiv ausgerichteten HKS für die Grundschule spezifisch zu adaptieren.

14.2 Diskussion um den Lernzuwachs und seinen Zusammenhang mit der Nutzung der Basismodelle

Zander, Krabbe und Fischer (2015) können in ihrer Studie zeigen, dass gerade die schwächeren Schülerinnen und Schüler der 8. Klassenstufe am Gymnasium von einer basismodellorientierten Planung von Physikunterricht profitieren (vgl. Kapitel 6.6). Diese Ergebnisse können nur teilweise auf die Grundschule übertragen werden, da die kognitiven Fähigkeiten und auch andere individuelle Einflussfaktoren der Schülerinnen und Schüler hier sehr viel stärker divergieren. Im Vergleich zu weiterführenden Schulen, in denen häufig schon Selektionsprozesse stattgefunden haben, weisen Klassen der Grundschule i.d.R. eine höhere Heterogenität auf (z.B. nehmen auch Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf am Grundschulunterricht teil, jedoch kaum an gymnasialem Unterricht). Die Herausforderung liegt insofern in besonderem Maße darin, die Schülerinnen und Schüler nach ihren individuellen Voraussetzungen zu fördern bzw. zu fordern (was selbstverständlich genauso für den Unterricht an anderen Schulformen gilt). Dennoch konnte auch die hier vorliegende Studie zeigen, dass sowohl Schülerinnen und Schüler mit höheren als auch mit niedrigeren kognitiven Fähigkeiten signifikant und mit einer mittleren bis hohen Effektstärke dazugelernt haben. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass die Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Voraussetzungen geeignet ist. Dies ist insofern ein beeindruckendes Ergebnis, da der Unterricht in diesem Fall aus forschungsmethodischen Gründen höchst standardisiert durchgeführt wurde. Somit konnte das Potential der Basismodelle, binnendifferenziert und schülerorientiert zu planen, noch nicht ausgeschöpft werden. Denn in der Schulpraxis werden schon bei der Planung des Unterrichts individuelle Schülervoraussetzungen einbezogen, d.h. die Lehrperson kennt die Lernvoraussetzungen der jeweiligen Lerngruppe und passt die Instruktion im Optimalfall entsprechend an. Das gilt z.B. für sprachliche Schwierigkeiten, Aspekte des sozioökonomischen Hintergrunds, Vorwissen, Interesse und andere von der Lehrperson mehr oder weniger beeinflussbare Faktoren (vgl. z.B. Prenzel, 2004). Es ist demnach davon aus-

zugehen, dass sich die Varianz zwischen dem Lernzuwachs bei einer Anpassung der Instruktion an die individuellen Voraussetzungen einer Lerngruppe verringert.

Allerdings können in dieser Studie designbedingt keine Kausal-Zusammenhänge zwischen der Nutzung der Basismodelle und dem Lernzuwachs hergestellt werden. Es wird lediglich nachgewiesen, dass eine Unterrichtseinheit, die basierend auf den Basismodellen geplant wurde, zu einem hohen Lernzuwachs führt. Ob das entscheidende Kriterium hierfür die reflektierenden Phasen bzw. die Implementation der Basismodelle darstellt, muss weiterführend in einem Kontrollgruppen-Design geklärt werden (vgl. Kapitel 14.4).

Inwiefern die eingangs benannten Wissensarten (erfahrungsbasiertes Wissen, konzeptähnlich aufgebautes Wissen und strategisches Wissen) mit den jeweiligen Basismodellen jeweils explizit aufgebaut bzw. ausdifferenziert werden können, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht schlussfolgern (vgl. auch Kapitel 14.4).

14.3 Didaktische Implikationen

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass eine auf Grundlage der Basismodelle geplante Unterrichtseinheit zur „Verdunstung und Kondensation“ zu einem Lernerfolg bei Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten führt. Darüber hinaus, und das ist das Besondere an dieser Studie, konnte gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler die verschiedenen HKS der drei Basismodelle KONZEPTBILDEN, LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG und PROBLEMLÖSEN *wie intendiert nutzen* können. Insbesondere die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS, die im physikbezogenen Sachunterricht sonst kaum Raum finden (vgl. Kapitel 3), wurden implementiert und von allen Schülerinnen und Schülern wie intendiert genutzt (vgl. Kapitel 12). Es kann angenommen werden, dass es den Schülerinnen und Schülern möglich ist, die drei Basismodelle auch in anderen Themen- und Inhaltsbereichen zu nutzen.

Es zeigte sich aber, dass es Schülerinnen und Schülern ohne entsprechende Unterstützung nicht immer gelingt, die Reihenfolge der HKS einzuhalten (vgl. Kapitel 12.1.2). Da die HKS jedes Basismodells auf einer, aus lernpsychologischer Perspektive sinnvollen, Reihenfolge aufgebaut sind, sollte diese jedoch eingehalten werden. Das kann für die Unterrichtspraxis bedeuten, dass die Schülerinnen und Schüler in bestimmten Phasen einer direkten Instruktion oder stärkerer Moderation bedürfen, die evtl. nach und nach – im Sinne des Scaffoldings – zurückgenommen werden kann (vgl. Kapitel 14.1). Das kann z.B. so aussehen, dass die HKS und ihre Ziele benannt werden, sodass die Schülerinnen und Schüler diese mit der Zeit selbstständig anwenden können oder sogar eigene Vorgehensweisen entwickeln („Was ist der erste Schritt, um das Problem XZ zu lösen? Wie können wir danach vorgehen? ...“).

Bei der Analyse des Unterrichts hat sich zudem gezeigt, dass die Schüleraufzeichnungen wichtig für die Beurteilung der Nutzung der jeweiligen HKS waren. Gerade bei den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS ist es ansonsten nicht immer möglich, zu entscheiden, ob die Schülerinnen und Schüler sich in einem bestimmten HKS befinden bzw. diesen abgeschlossen haben, da dies selten auf der Ebene der Sichtstruktur erkennbar ist. Bei eher handlungsorientierten HKS ist es für die Schülerinnen und Schüler einfacher, im Sinne einer Selbstkontrolle zu entscheiden, ob sie den HKS abgeschlossen haben. Das bedeutet für den Unterricht, dass es gerade in den reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS sinnvoll sein kann, Handlungsprodukte einzufordern. Dabei kann es sich um eine mündliche Zusammenfassung einer Gruppendiskussion, eine Versuchsskizze, ein schriftliches Ergebnisprotokoll o.ä. handeln, das dabei hilft, die mentalen Prozesse der Schülerinnen und Schüler nachzuvollziehen.

Für Lehrerinnen und Lehrer hat die Planung auf Grundlage der Basismodelle den Vorteil, dass sie, wie in dieser Studie gezeigt werden konnte, einen Rahmen vorgeben, in dem die unterschiedlichen Arten bzw. Ziele von Hands-on-Aktivitäten und experimentellen Arbeitsweisen auf der Ebene mentaler Prozesse organisiert werden können.

Es wird davon ausgegangen, dass eine Planung von Unterricht auf Grundlage der Basismodelle der Lehrkraft helfen kann, Intentionen zu präzisieren und für die Schülerinnen und Schüler transparent zu machen. Das bedeutet auch, dass die Basismodelle den Lernenden helfen können, individuelle Lernziele zu entwickeln, die sich an ihren individuellen Voraussetzungen und Bedürfnissen orientieren. Diese Ziele können unterschiedlich komplex sein. So kann das hauptsächliche Ziel einer Unterrichtsstunde zum Problemlösen für einen Schüler sein, Strategien zur Variablenkontrolle zu erlernen („CVS“, vgl. Kapitel 2.2), für einen anderen Schüler könnte der Schwerpunkt darin liegen, erlerntes Wissen anzuwenden und für einen weiteren Schüler darin, durch Trial-and-Error zu einer Lösung zu gelangen, die zu dem vorgegebenen Problem passt. Dabei muss die Sichtstruktur des Unterrichts für die einzelnen Schülerinnen und Schüler trotz der unterschiedlichen Ziele nicht oder kaum verändert werden, da sie sich auf der Tiefenstrukturebene manifestieren. Die Unterschiede wären in den Handlungsprodukten erkennbar.

Die Reihenfolge der Basismodelle hängt von den Voraussetzungen der Lerngruppe und den Zielen ab, d.h. die in dieser Studie gewählte Reihenfolge der Basismodelle ist nicht obligatorisch, sondern Resultat der Bedingungen der Studie (vgl. Kapitel 9.3.2). Eine andere Möglichkeit wäre es, mit dem Basismodell LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG zu beginnen, um eine Brücke zwischen der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und der wissenschaftlichen Perspektive zu schlagen. Bei technischen Inhalten kann z.B. auch mit dem Problemlösen begonnen werden, um dann einzelne Elemente physikalisch zu beleuchten. So kann z.B. in einem PROBLEMLÖSEprozess zuerst eine Wippe gebaut werden. Danach können durch LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG einzelne Einflussvariablen entdeckt werden, um dann letztendlich

das Konzept der Hebelgesetze (auf GS-Niveau) durch das Modell KONZEPTBILDEN zu vermitteln.

14.4 Weiterer Forschungsbedarf

Eine Konsequenz der methodischen Anlage der Studie besteht darin, dass sich der Lernerfolg nicht auf die Basismodelle bzw. die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS zurückführen lässt. Um den Effekt dieser HKS näher empirisch zu untersuchen, kann eine experimentelle Studie im Kontrollgruppendedesign durchgeführt werden. Vorstellbar wäre ein Design mit drei Gruppen: einer Kontrollgruppe ohne Intervention und zwei Gruppen mit Intervention. In den Interventionsgruppen würden der Inhalt und die Sichtstruktur konstant gehalten, nur die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS würden in der ersten Gruppe zeitlich verkürzt und die handlungsaktiven HKS zeitlich ausgedehnt. In der zweiten Gruppe ergäbe sich damit ein zeitlicher Vorteil für die reflektierenden bzw. kognitiv ausgerichteten HKS, bei gleichbleibender Gesamtzeit der inhaltlichen Lernmöglichkeit. Auf dieser Grundlage ließe sich der Effekt reflektierender HKS in der Grundschule besser einschätzen.

Zudem könnte eine Modellierung der Nutzung des Angebots, ähnlich wie sie Wackermann (2008) bereits angedacht hat, Aufschluss über die Qualität und Intensität der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand in den jeweiligen HKS geben. Daraus ließen sich didaktische Schlussfolgerungen auf Scaffolding-Elemente und andere Aspekte der Moderation und Unterstützung von Lernprozessen ziehen. Ein Rating-Verfahren, das z.B. die Aufmerksamkeit, die Produkte, die Eigenständigkeit o.ä. der Schülerinnen und Schüler während des Lernprozesses einschätzen lässt, könnte Anhaltspunkte für eine solche Modellierung liefern.

Die Basismodelle wurden in dieser Studie bewusst in einer praxisnahen Kombination eingesetzt, was bedeutet, dass das erworbene Wissen nicht auf ein spezifisches Basismodell und dessen Umsetzung zurückgeführt werden kann. Wie in Kapitel 14.1 angemerkt, können also keine Rückschlüsse auf den Ertrag des Einsatzes einzelner Basismodelle gezogen werden. Dafür müssten Instrumente zur Erfassung erfahrungsbasierten und strategischen Wissens entwickelt werden (für die Erfassung konzeptuellen Wissens liegen teilweise schon Instrumente vor, z.B. der hier eingesetzte Test der PLUS-Studie, Kauertz et al., 2011). Danach wäre es möglich, die Basismodelle einzeln umzusetzen und den jeweiligen Lernzuwachs zu messen. Dabei kann auch überprüft werden, ob ein kombinierter Einsatz der o.g. Basismodelle eine größere Wirkung erzielt als der isolierte Einsatz einzelner Basismodelle. So wäre z.B. eine Unterrichtseinheit denkbar, die ausschließlich aus dem Basismodell KONZEPTBILDEN besteht. Die Lernwirksamkeit solcher Unterrichtseinheiten kann mit einem experimentellen Forschungsdesign überprüft werden.

Außerdem wurde der Aspekt der Sachstruktur in dieser Studie vernachlässigt. Gemeint sind sowohl die inhaltliche Strukturierung des Lerngegenstandes als auch inwiefern der jeweilige

Inhalt die entsprechende Sequenz der Tiefenstruktur repräsentiert. Denn die Qualität von Unterricht lässt sich nicht alleine daran messen, inwiefern „inhaltsunabhängig formulierte Phasen des Lernprozesses sinnvoll arrangiert sind“ (Geller, 2015, 129). Die mentalen Verarbeitungsprozesse, die durch die Basismodelle strukturiert werden, sind immer an Inhalte gebunden (sofern z.B. auch fachspezifische Arbeitsweisen und Strategien als mögliche Inhalte gesehen werden). Inwieweit eine Passung zwischen diesen Inhalten und des jeweiligen HKS besteht, kann kriteriengeleitet untersucht werden. Geller (2015) schlägt hierfür eine Modellierung der inhaltlichen Passung im Sinne eines phasenspezifischen Qualitätskonstrukts vor. Dafür müssten für jeden HKS gestufte Qualitätsmerkmale vorliegen. So könnte z.B. bei der Durcharbeitung des Prototyps analysiert werden, wie gut dieser das zu erlernende Konzept repräsentiert (ebd.). Inwiefern sich eine solche Modellierung operationalisieren bzw. verallgemeinern lässt, bleibt noch zu prüfen.

Ein letzter Aspekt, der gerade auch für die Grundschule relevant ist, ist der Zusammenhang zwischen Sicht- und Tiefenstrukturierungen. Da in der Grundschule traditionell eine ausgeprägte Vielfalt an Lehr- und Lernmethoden vorliegt (vgl. z.B. Gläser & Sothmann, 2015), stellt sich die Frage, inwiefern bestimmte Methoden in den jeweiligen Basismodellen und HKS lernwirksam sind. Auch andere Merkmale der Sichtstruktur, wie Sozialformen, Offenheitsgrad, Scaffolding lassen sich nicht beliebig den Basismodellen und HKS zuordnen. Eine empirische Untersuchung dieser Zusammenhänge kann eine Grundlage für eine Modellierung bilden und bei der Planung von Lernarrangements hilfreich sein.

15 Literaturangaben

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. In: *International Journal of Science Education*, Vol. 30, No. 14, 17. November 2008, pp. 1945-1969.
- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lernens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, P. [...], & Weiß, M. (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Beck, G. & Claussen, C. (2000). Experimentieren im Sachunterricht. In: *Die Grundschulzeitschrift* (139), 10-11.
- Bliss, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 2, H. 3, 3-16.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Bortz, J., Lienert, G. A., & Boehnke, K. (2008). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik* (3. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bos, W., Wendt, H., Köller, O., & Selter, C. (Hrsg.)(2012). *TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster u.a.: Waxmann.
- Braun, T. & Backhaus, U. (2010). Offene Experimente in der Lehramtsausbildung. In: Köster, H., Hellmich, F., Nordmeier, V. (Hrsg.). *Handbuch Experimentieren*. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1993). *Scientific Thinking*. München: Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). *Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences*. In: Weinert, F., & Schneider, W. (Hrsg.). *Individual Development from 3 to 12: Findings from the Munich Longitudinal Study*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen* (S. 75–92). Göttingen: Hogrefe.
- Bybee, R. W., Taylor, J.A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications. Verfügbar unter: http://www.bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf [16.09.2015]
- Carey, S. & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235-251.
- Chen, Z., Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 1098-1120.
- Deutscher Bildungsrat (1970). *Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen*. Bonn.
- Decristan, J., Klieme, E., Kunter, M., Hochweber, J., Büttner, G., Hondrich, A.L. [...], & Hardy, I. (2015). Embedded Formative Assessment and Classroom Process Quality: How Do They Interact in Promoting Science Understanding? *American Educational research Journal*, 1-27.
- Dimitrov, D. M. & Rumrill, P. (2003). Pretest-posttest designs in rehabilitation research. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment, & Rehabilitation*, 20(2), 159-165. Verfügbar unter: https://cehd.gmu.edu/assets/docs/faculty_publications/dimitrov/file5.pdf [05.10.2015]
- Domin, S. D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung. In Weinert, F.E. & Helmke, A. (Hrsg.). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz Verlag, 227-240.
- Einsiedler, W. (1998). *The Curricula of Elementary Science Education in Germany*. Erlangen-Nürnberg.
- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten-

- ten zu Beginn der Sekundarstufe I. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 118. Berlin: Logos Verlag.
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4th edition, London: Sage.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 4, Nr. 2, 41-52.
- Fischer, H. E., Reyer, T., Wirz, C., Bos, W., & Hölrich, N. (2002). Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht. In Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.). *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz Verlag, 124-138.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R., & Wirth, J. (2005). Framework for empirical research on science teaching and learning. *Journal of Science Teacher Education*, 16(4), 309-349.
- Fischer, H. E. & Neumann, K. (2012). Video analysis as a tool for understanding science instruction. In: D. Jorde & J. Dillan, *The World of Science Education*, Sense Publishers.
- Franz, U. (2008). *Lehrer- und Unterrichtsvariablen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Gabriel, K. (2014). *Videobasierte Erfassung von Unterrichtsqualität im Anfangsunterricht der Grundschule: Klassenführung und Unterrichtsklima in Deutsch und Mathematik*. Kassel Univ. Press: Kassel.
- Geller, C. (2015). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*. Berlin, Logos Verlag.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollst. überarb. und erw. Ausgabe*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.

- Gläser, E. & Sothmann, L. (2013). Sachunterricht lernfördernd planen und strukturieren. Anregungen zur kompetenzorientierten Unterrichtsplanung. In: Gläser, E. & Schönknecht, G. (Hrsg.). Sachunterricht in der Grundschule entwickeln – gestalten – reflektieren. Grundschulverband: Frankfurt a.M., 145- 154.
- Göhring, A. (2010). Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine empirische Interventionsstudie. Hamburg: Dr. Kovac. Schriftenreihe Didaktik in Forschung und Praxis, Band 50.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen. Berlin: Cornelsen.
- Hackling, M. (2006). Elementary Connections: A new approach to elementary science and to teacher professional learning. Proceedings from the ACER Research Conference, Canberra, 74-79.
- Hackling, M., Peers, S., & Prain, V. (2007). Elementary Connections: Reforming science teaching in Australian elementary schools. Teaching Science, 53(3), 12-16, Deakin ACT.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. 57, Nr. 4: 196-203.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59, Nr. 5, 292-299.
- Hammann, M., Phan, T.T.H., & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Kompetenzen beim Experimentieren zu messen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft 8, 33-49.
- Hannover, B. (1991). Zur Unterrepräsentanz von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik: Psychologische Prädiktoren der Fach- und Berufswahl. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 5(3), 169-186.
- Hannover, B. (1997). Zur Entwicklung des geschlechtsrollenbezogenen Selbstkonzepts: Der Einfluß "maskuliner" und "femininer Tätigkeiten" auf die Selbstbeschreibung mit instrumentellen und expressiven Personeneigenschaften. Zeitschrift für Sozialpsychologie, 60-75.

- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000): What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? In: Journal of Research in Science Teaching, Vol. 37, No. 7, S. 655- 675.
- Hattie, J. (2009). Visible learning. London: Routledge.
- Hartinger, A. (2003). Experimente und Versuche. In: Dietmar von Reeken (Hrsg.), Handbuch Methoden im Sachunterricht (S.68-75). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Helmke, A. & Renkl, A. (1992). Das Münchener Aufmerksamkeitsinventar (MAI): Ein Instrument zur systematischen Verhaltensbeobachtung der Schüleraufmerksamkeit im Unterricht. Diagnostica, 38, 130-141.
- Helmke, A. (2007). Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Helmke, A., Helmke, T., Heyne, N., Hosenfeld, A., Kleinbub, I., Schrader, F.-W., & Wagner, W. (2007). Erfassung, Bewertung und Verbesserung des Grundschulunterrichts: Forschungsstand, Probleme und Perspektiven. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, A. K. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hrsg.), Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten (Jahrbuch Grundschulforschung, Band 11, S. 17-34). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Helmke, A. & Schrader, F.W. (2008). Merkmale der Unterrichtsqualität: Potenzial, Reichweite und Grenzen. Verfügbar unter [http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/publ/Helmke%20Schrader%20\(2008\)_Merkmale%20der%20Unterrichtsqualit%C3%A4t%20-%20Potenzial%20Reichweite%20und%20Grenzen%20SEMINAR%203-2008%20S.17-47.pdf](http://www.unterrichtsdiagnostik.info/media/files/publ/Helmke%20Schrader%20(2008)_Merkmale%20der%20Unterrichtsqualit%C3%A4t%20-%20Potenzial%20Reichweite%20und%20Grenzen%20SEMINAR%203-2008%20S.17-47.pdf) [22.09.2015]
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Hodson, D.K. (1993). Rethinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in science. Studies in Science Education, 22, 85 - 142.
- Hoffmann, L., Häußler, P., & Peters-Haft, S. (1997). An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht. Kiel.

- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First. *Science Education*, 88, 28-54.
- Holland, G. (1988): *Geometrieunterricht in der Sekundarstufe*. B.I.-Wissenschaftsverlag: Mannheim.
- Howas, E. V. (2002). Learning to Teach Science for All in the Elementary Grades: What Do Preservice Teachers Bring?. In: *Journal of Research Education*, Vol.39, No. 9, PP. 845-869
- Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. In: *Unterricht Physik*, Vol. 19, No. 103, PP. 4-11.
- Jank, W. & Meyer, H. (2002). *Didaktische Modelle*. 5. Auflage. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Kahlert, J. & Inckemann, E. (2001). Wissen, Könen und Verstehen. Von der Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. In : Kahlert, Joachim & Inckemann, Elke (Hrsg.). *Wissen, Könen und Verstehen. Von der Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag.
- Kail, R. (1992). Processing speed, speech rate, and memory. *Developmental Psychology*, 28, 899-904
- Kaiser, A. (2007). Gender im unterrichtlichen Alltag der Grundschule. In: Jösting, Sabine, Seemann, Malwine (Hrsg.). *Gender und Schule. Geschlechterverhältnisse in Theorie und schulischer Praxis*. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg, S. 75-96.
- Kaiser, A. (2009). Geschlechtergerechte Schule - eine Chance für Mädchen (und Jungen). In: Henschel, Angelika, Krüger, Rolf, Schmitt, Christof & Stange, Waldemar (Hrsg.): *Jugendhilfe und Schule. Handbuch für eine gelingende Kooperation*. 2. Aufl. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften (2009), S. 94-112.
- Kauertz, A., Kleickmann, T. Ewerhardy, A., Fricke, K., Lange, K., Ohle, A. [...], & Möller, K. (2011). *Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS*. Essen: NWU.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2001). *Physikdidaktik. Eine Einführung*. 2. aktual. Aufl. Berlin und Heidelberg: Springer Verlag.

- Kiper, H. & Mischke, W. (2009). Unterrichtsplanung. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-55.
- Klahr, D. (2000): Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes. Massachusetts: Institute of Technology.
- Kleickmann, T., Pollmeier, J., Hardy, I., & Möller, K. (2011). Die Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern – eine personen- und variablenzentrierte Analyse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43(4), 200-212.
- Klewitz, E. (2011). Sachunterricht zwischen Kind und Wissenschaft. In: Hempel, M. & Wittkowske, S. (Hrsg.). *Entwicklungslinien Sachunterricht. Einblicke in die Geschichte einer Fachdidaktik*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag, S. 89-100.
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich*. München: Luchterhand.
- Köhnlein, W. & Spreckelsen, K. (1992). Werkstatt Experimentieren. In: Hameyer, U., Lauterbach, R., & Wiechmann, J. (Hrsg.): *Innovationsprozesse in der Grundschule: Fallstudien, Analysen und Vorschläge zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 1992, 156-167.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C., & Nett, U. (2005). Scientific reasoning in young children: Preschoolers' ability to evaluate covariation evidence. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3), 141–152.
- Köster, H. (2006): *Freies Explorieren und Experimentieren – eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Köster, H. (2010). Zur Rolle des Experimentierens im Sachunterricht. In: Köster, H., Hellmich, F., Nordmeier, V. (Hrsg.). *Handbuch Experimentieren*. Hohengehren: Schneider Verlag
- Koslowski, B. (1996). *Theory and Evidence: The development of Scientific Reasoning*. Massachusetts: Institute of Technology.

- Kron, F. W. (2000). Grundwissen Didaktik. 3., aktual. Aufl. München; Basel: E. Reinhardt.
- Kuhn, D. (1991). The skills of argument. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. Journal of Cognition and Development, 1, 113–129.
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (2011). Auf dem Weg zum schulinternen Curriculum. Ein Leitfaden. Hamburg. Verfügbar unter: <http://li.hamburg.de/contentblob/3123652/data/pdf-handreichung-schulinternes-curriculum.pdf> [05.10.2015]
- Landwehr, B. (2002). Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Berlin: Logos Verlag.
- Lange, K. (2010). Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifischpädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern. Dissertation, Universität Münster. Verfügbar unter: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=1011948885&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=1011948885.pdf [05.10.2015]
- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). ELFE 1-6. Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler. Göttingen: Hogrefe.
- Leontjew, A. N. (1982). Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit. In: Studien zur Kritischen Psychologie, Köln, 1982.
- Lipowsky, F. (2007). Unterrichtsqualität in der Grundschule – Ansätze und Befunde der nationalen und internationalen Forschung. In: Möller, K.; Hanke, P.; Beinbech, C.; Hein, A.K.; Kleickmann, T.; Schages, R. (Hrsg.). Qualität von Grundschulunterricht. Entwickeln, erfassen und bewerten. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 35-50.
- Lück, G. (2000). Interesse und Motivation im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung mit Naturphänomenen im Vorschulalter. In: Brechel, Renate (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. 2000, 32-44.

- Lück, G. (2008). Naturwissenschaftliche Bildung und Sprachförderung. In: Ministerium für Generationen, Familie und Integration des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Kinder bilden Sprache - Sprache bildet Kinder: Sprachentwicklung und Sprachförderung in Kindertagesstätten. Waxmann
- Lück, G. (2010). Naturwissenschaftliche Bildung und Sprache. In: Hunger, I. & Zimmer, R. (Hrsg.): Bildungschancen durch Bewegung – von früher Kindheit an!. Hofmann, Schorndorf 2010 S. 78-89.
- Mayer, R. E. (2009). Constructivism as a theory of learning versus constructivism as a prescription for instruction. In: Tobias, S. & Duffy, T. (eds.). Constructivist Instruction. Success or Failure? Routledge: London.
- Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Verlag.
- Meyer, H. (2012). Merkmale guten Unterrichts. Fribourg. Verfügbar unter: http://commonweb.unifr.ch/artsdean/pub/gestens/f/as/files/4655/28547_163424.pdf [16.09.2015]
- Meyer, H. (1990). Unterrichtsmethoden. Bd. 1 Theorieband, Bd. 2 Praxisband. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.F. (2003). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. In: Psillos, D. & Niedderer, H. (Eds.). Teaching and Learning in the Science Laboratory Science & Technology Education Library Volume 16, 2003, pp 9-20.
- Möller, K., Stern, E., Hardy, I., & Jonen, A. (2002). Warum schwimmt ein Baumstamm? Kinder im Grundschulalter sind durchaus in der Lage, physikalische Konzepte wie Dichte und Auftrieb zu begreifen. Physik Journal, 1(3), 63-67.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule - Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? (Scientific learning in elementary school. What competences do elementary school teachers need?) In H. Merckens, Dreyer, Jana (Eds.). Lehrerbildung: IGLU und die Folgen (pp. 65-84). Opladen: Leske + Budrich.
- Möller, K., Jonen, A., & Kleickmann, T. (2004). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht qualifizieren. Eine Aufgabe für die Lehrerbildung. In: Grundschule, 6/2004, S. 27-29.

- Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen – eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht? In Hanke, P. (Hrsg.), *Grundschule Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute*. Münster: Waxmann Verlag 2006, S. 107-127.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A. Kleickmann, T., & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe – Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel, & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua* (S. 161-193). Münster: Waxmann.
- Montada, L. (2002). Die geistige Entwicklung aus der Sicht Jean Piagets. In Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (5. Aufl.) (S. 418 - 442). Weinheim: Beltz.
- Muckenfuß, H. (2010). Experimentieren und Versuche machen. Erkenntnistheoretische Aspekte der Sachbegegnung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Köster, H., Hellmich, F., Nordmeier, V. (Hrsg.). *Handbuch Experimentieren*. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Murmann, L. (2007). „Da probiert man Sachen aus, um etwas herauszufinden“ - Zum Experimentieren mit Kindern. In: S. Pfeiffer (Hrsg.): *Innovative Perspektiven auf Sachunterricht*. Oldenburger Vordrucke 557 /2007, 83-94.
- Murmann, L. (2009). Motive und Bereitschaften von GrundschülerInnen Phänomene zu erschließen. In D. Höttecke (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Münster: LIT-Verlag, 220 – 222.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2006). Kercurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4. Sachunterricht. Verfügbar unter: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gs_sachunterricht_nib.pdf [05.10.2015]
- Nuthall, G. (2006): Bridging the Gaps: The Interactive Effects of Instruction and Social Processes on Student Experience and Learning Outcomes in Science and Social Studies Activities. In: Oser, F. K./Achtenhagen, F./Renold, U. (Hrsg.): *Competence Oriented Teacher Training. Old Research Demands and New Pathways*. Rotterdam: Sense Publishers. 261-293.
- OECD (2010). *Bildung auf einen Blick 2010: OECD-Indikatoren*. Paris.

- Ohle, A. (2010). Elementary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement. Berlin: Logos.
- Oser, F. K. & Patry, J.L. (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft 89, Freiburg.
- Oser, F. K. & Sarasin, S. (1995). Basismodelle des Unterrichts: Von der Sequenzierung als Lernerleichterung. Verfügbar unter: <https://publishup.uni-potsdam.de/files/410/OSERSARA.pdf> [22.09.2015]
- Oser, F. K., Patry, J.L., Elsässer, T., & Wagner, B. (1997). Choreographien unterrichtlichen Lernens. Schlussbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Freiburg: Pädagogisches Institut der Universität.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In: V. Richardson (ed.), AERA's Handbook of Research on Teaching – 4th Edition. Washington: American Educational Research Association.
- Oser, F. K., Bauder, T., Salzmann, P., & Heinzer, S. (2013). Ohne Kompetenz keine Qualität. Entwickeln und Einschätzen von Kompetenzprofilen bei Lehrpersonen und Berufsbildungsverantwortlichen. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Praetorius, A. K., Lenske, G. & Helmke, A. (2012). Observer ratings of instructional quality: Do they fulfill what they promise? Learning and Instruction, 6, 387-400.
- Prenzel, M. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Grundschule: Konsequenzen für den Sachunterricht und die Lehrerbildung. In H. Merrens (Hrsg.), Lehrerbildung: IGLU und die Folgen (S. 37-50). Opladen: Leske + Budrich.
- Prenzel, M., Schütte, K., & Walter, O. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann, 107-124.
- Priemer, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik – eine deutsche Version des Tests „Views About Science Survey“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 9, 2003, S. 160-178.

- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene am offenen Experimentieren? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 315-337.
- Ramseger, J., Leser, I., Mey, G., Vock, R., & Mruck, K. (2011). Naturwissenschaftliche Elementarbildung zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Ausgewählte Befunde aus „prima(r)forscher“. In: Kucharz, D., Irion, T. & Reinhoffer, R. (Hrsg.). Grundlegende Bildung ohne Brüche. Wiesbaden: VS Verlag. 195-198
- Ramseger, J. (2009). Experimente! Experimente! Was lernen Kinder im naturwissenschaftlichen Unterricht? In: Die Grundschulzeitschrift. 225/226, 2009, 14-17, 20.
- Reinhold, P. (1996). Offenes Experimentieren und Physiklernen. Kiel: IPN.
- Rehm, M. (2006). Allgemeine naturwissenschaftliche Bildung - Entwicklung eines Kompetenzmodells vom Begriff Verstehen aus entwickelt. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 12, 23-44.
- Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe. Berlin: Logos Verlag.
- Rheinberger, H. J. (2006). Experimentalsystem und epistemische Dinge: eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Rost, D. (2005). Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Roth, K. J. (2009). Using Video Studies to Compare and Understand Science teaching. In: Janik, T., Seidel, T. and Najvar, p. (Eds) The Power of Video Studies in Investigating Teaching and Learning in the Classroom. Muenster: Waxmann.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 2006, 45-66.
- Schecker, H., Parchmann, I., & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In: Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin u.a.: Springer.

- Schlichting, H. J. (2010). Freihandexperimente zwischen Schulexperimenten und Alltagsphänomenen In: Köster, H., Hellmich, F., Nordmeier, V. (Hrsg.). Handbuch Experimentieren. Hohengehren: Schneider Verlag, S. 131-152.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, F. (1992). Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Essen: Westarp.
- Schnell, R., Hill, P., & Esser, E. (1999). Methoden der empirischen Sozialforschung. München: Oldenburg.
- Schreier, H. (2001) Der Prozess des Wissenserwerbs. In: Kahlert, J.; Inckemann, E. (Hrsg.). Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. 25-38.
- Schrempp, I. & Sodian, B. (1999). Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungsergebnissen. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 31. Jg., 67-77.
- Seidel, T. & Shavelson, R.J. (2007). Teaching effectiveness research in the last decade: Role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. Review of Educational Research. 2007; 77(4), 454-499.
- Seidel, T., Prenzel, M., & Kobarg, M. (2005). How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study. Münster: Waxmann.
- Sodian, B. (1998). Entwicklung bereichsspezifischen Denkens. In: Oerter, R., Montada, L. (Hrsg.). Entwicklungspsychologie. 4. korr. Aufl., Beltz Vlg. Weinheim, 622-653.
- Sodian, B. & Thoermer, C. (2002). Naturwissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Koordination von Theorie und Evidenz. (Natural scientific thinking in elementary school age. Coordination of theory and evidence) In K. Spreckelsen, K. Möller, A. Hartinger (Eds.). Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht (pp. 105-117). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Sodian, B., Jöns, A., Thoermer, C., & E. Kircher (2006): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In: M. Prenzel & L. AllolioNäcke (Hrsg.): Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms. Münster: Waxmann, 147-160.

- Solga, H. & Pfahl, L. (2009). Doing Gender im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich. In: Joachim Milberg (Hrsg.): Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den zentralen Handlungsfeldern. aca-tech DISKUTIERT. Berlin u.a.: Springer, 155-218.
- Spreckelsen, K. (2011). Curriculumentwicklung für den Physikunterricht in der Grundschule. In: Hempel, Marlies; Wittkowske, Steffen (Hrsg.). Entwicklungslinien Sachunterricht. Einblicke in die Geschichte einer Fachdidaktik. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. 139-152.
- Stender, A., Geller, C., Neumann, K., & Fischer, H.E. (2013). Der Einfluss der Unterrichtstaktung auf die Strukturiertheit und Abgeschlossenheit von Lernprozessen. In: ZFDN, Jg. 19, 2013, 189-207.
- Stern, E. (2003): Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In: Cech, D.; Schwier, H.J. (Hrsg.): Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, S. 37- 58.
- Straka, G. A. & Macke, G. (2002). Lern-Lehr-Theoretische Didaktik. Münster u.a.: Waxmann.
- Tenberge, C. (2003). Zur Förderung der Persönlichkeitsentwicklung in handlungsintensiven Lernformen im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht. In: Cech, D.; Schwier, H.-J. (Hrsg.). Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Verl. Julius Klinkhardt: Bad Heilbrunn.
- Tobias, S. & Duffy, T. M. (2009). The Success or Failure of Constructivist Instruction: an Introduction. In: Tobias, S. & Duffy, T. (eds.). Constructivist Instruction. Success or Failure? Routledge: London, 3-10.
- Treagust, D. F. & Duit, R. (2008). Conceptual Change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. Cultural Studies in Science Education, 3, 297-328.
- Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H.E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13, 9-31.
- Vollmeyer, R. & Funke, J. (1999). Personen- und Aufgabenmerkmale beim Komplexen Problemlösen. Psychologische Rundschau, 50, 213-219.

- Wackermann, R. (2007). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Berlin: Logos Verlag.
- Wackermann, R., Trendel, G., & Fischer, H.E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 7, 963-985.
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (1998). The neglected role of individual differences in theoretical models of cognitive development. *Learning and Instruction*, 8, 309-323.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hg.). *Leistungsmessung in Schulen*. Weinheim, S. 17-32.
- Weiß, R. H. (2006). Grundintelligenztest Skala 2 - Revision - (CFT 20-R). Göttingen: Hogrefe.
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystem und Ratingskalen. Hogrefe Verlag, Göttingen.
- Wirtz, M. & Nachtigall, C. (2008). Deskriptive Statistik. Statistische Methoden für Psychologen. Teil 1. 5., überarb. Aufl. Weinheim und München: Juventa Verlag.
- Wodzinski, R. (2008). Experimentieren lernen. In: Köster, H., Hellmich, F., Nordmeier, V. (Hrsg.). *Handbuch Experimentieren*. 2. Aufl. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Wodzinski, R. (2009). Experimentieren im Sachunterricht. In: Kaiser, A., Pech, D. (Hrsg.). *Basiswissen Sachunterricht Band 5. Unterrichtsplanung und Methoden*. Hohengehren: Schneider Verlag.
- Zander, S., Krabbe, H., & Fischer, H.E. (2015). Umgang mit Heterogenität im Fachwissen von Schülerinnen und Schülern. In: *Heterogenität. Wert. Schätzen. Abstractband*. 3. Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF). Bochum 11. – 13. März 2015 (S. 119).

Anhang

Anhang I: Vorschläge zu ausgewählten Aspekten der Sicht- bzw. Oberflächenstrukturierungen

	HKS Kurzbeschreibung	Sozialform/ Orientierung	Mögliche Öffnungen nach Priemer (2011)
1	Anticipation and planning of possible actions	Gruppen-/Partnerarbeit, schülerorientiert	Methode, Inhalt, Phase, Lösungsweg, Strategie
2	Performance of such possible actions in respective contexts	Gruppen-/Partnerarbeit, schülerorientiert	Methode, Inhalt, Phase, Lösung, Lösungsweg, Strategie
3	Construction of meaning for the activity	Gruppen-/Partnerarbeit oder Plenumsdiskussion, schülerorientiert	Methode, Lösung, Lösungsweg, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)
4	Generalization of the experience	Klassenplenum, schüler- oder lehrerorientiert	Methode, Lösung, Lösungsweg, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)
5	Reflection of similar experiences	Gruppen-/Partnerarbeit, Klassenplenum, schüler- oder lehrerorientiert	Methode, Lösung, Lösungsweg, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)

Tabelle 42: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells Lernen durch Eigenerfahrung

	HKS Kurzbeschreibung	Sozialform/ Orientierung	Mögliche Öffnungen nach Priemer (2011)
1	Stimulation of the awareness of what the learner already knows regarding the new concept	Beliebige Sozialform, lehrerorientiert	Methode, Lösung
2	Introduction of and the working through of a prototype	Beliebige Sozialform, lehrerorientiert	Methode
3	Analysis of essential categories and principles that define the new concept	Beliebige Sozialform, lehrerorientiert	Methode
4	Active dealing with the new concept	Beliebige Sozialform, schülerorientiert	Methode, Strategie, Lösung, Lösungsweg
5	Application of the new concept in different contexts	Beliebige Sozialform, schülerorientiert	Methode, Strategie, Lösung, Lösungsweg

Tabelle 43: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells KONZEPTBILDEN

	HKS Kurzbeschreibung	Sozialform/ Orientierung	Mögliche Öffnungen nach Priemer (2011)
1	Students perceive and understand the problem	Beliebige Sozialform, lehrerorientiert	Methode, Lösungsweg, Phase, Fachinhalt
2	Students develop hypotheses about possible ways to find a solution	Beliebige Sozialform, schülerorientiert	Methode, Lösungsweg, Phase, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)
3	Students test the hypotheses	Beliebige Sozialform, schülerorientiert	Methode, Lösungsweg, Phase, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)
4	Students evaluate and apply the solutions found	Beliebige Sozialform, schülerorientiert	Methode, Lösungsweg, Phase, Strategie, Inhalt (ergibt sich aus den vorherigen Phasen)

Tabelle 44: Möglichkeiten zur Oberflächenstrukturierung des Basismodells Problemlösen

Basismodelle_Lehrkraftebene

Kodiermanual zur Videoanalyse

Grundlagen:

- Kodierung in 30-Sekunden-Intervallen.
- Kodiert wird anhand der **Aktionskamera** und des **Lehrertons**.
- Die Zeitleiste wird auf **5 Sek** eingestellt.
- Die Entscheidung wird durch das zeitlich überwiegende Verhalten festgelegt:

Die Lehrkraft (L) muss länger als $\frac{1}{2}$ des Intervalls (16-sek= über **3 Strichzwischenräume**) ausreichend zu hören sein.

Das Verhalten, welches für die Kodierentscheidung relevant ist muss länger $\frac{1}{2}$ des Intervalls (16-sek= über **3 Strichzwischenräume**) andauern.

- Aus der Basiskodierung werden die Variablen **UZ** und **SFO** importiert.
- Es werden nur diejenigen Intervalle berücksichtigt, bei denen in der Basiskodierung **„Unterrichtszeit (UZ)“** kodiert wurde
- Orientierungspunkt für die Kodierentscheidungen sind die Äußerungen und Handlungen der Lehrkraft.
- Finden keine ‚neuen‘ Handlungen/Äußerungen der Lehrkraft statt, wird die vorherige Wahl weitergeführt.
- Wurde in der Variable **SFO** die Option **„nicht im Plenum/Gruppentisch“** gewählt, so werden Äußerungen der Lehrkraft, die sich nur an einzelne SuS bzw. einzelne SuS-Gruppen richten, für die Kodierentscheidung nicht berücksichtigt.
- Die Basismodelle LE_L, PL_L und KB_L werden nur dann kodiert, wenn in der Variable BMV_L die Option ‚Basismodell (BM)‘ oder ‚Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde. Wurde eine andere Option gewählt, so ist in diesen Variablen die Option „Leerstelle“ zu wählen.
- Wurde in der Variable BMV_L ‚Basismodell (BM)‘ oder ‚Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt, so muss mindestens eine der Kategorien LE_L, PL_L und/oder KB_L gewählt werden, d.h. nicht in allen dieser Kategorien darf die Option „Leerstelle“ gewählt werden.

Ist hier eine eindeutige Entscheidung nicht möglich, so können zu Beginn des Unterrichts (d.h. bis zum ersten Intervall an dem eine Festlegung erfolgte) mehrere der (im Prinzip disjunkten) Variablen gleichzeitig gewählt werden.

- Setzt L Schüleraussagen in einen anderen Kontext, so wird entsprechend diesen Kontextes kodiert.
- Setzt L Impuls zu einem HKS eines BMs wird dies entsprechend kodiert, unabhängig von der Umgehensweise der SuS mit diesem Impuls.

- Wurde in einer der Variablen LE_L, PL_L oder KB_L die Option ‚Mehrere Funktionen‘ gewählt, so müssen alle fünf HKS-Variablen kodiert werden. Wurde in keiner der Variablen LE_L, PL_L oder KB_L die Option ‚Mehrere Funktionen‘ gewählt, so ergeben sich für alle fünf HKS-Variablen Leerstellen.
- Wenn die Lehrperson dazu auffordert, zwei oder mehrere HKS zeitgleich durchzuführen, wird der höhere HKS kodiert.
- Wird unter LE_L, KB_L oder PL_L die Variable „Mehrere Funktionen“ gewählt, so müssen unter HKS_L mindestens zwei gleichzeitig angebotene Handlungskettenschritte (eines Basismodells) gewählt werden.
- Wird ein Arbeitsblatt ausgegeben, auf dem mehrere HKS aufgeführt sind, werden *alle* diese HKS kodiert. Ausnahme: Die Lehrperson sagt ausdrücklich, dass eine Aufgabe nicht bearbeitet werden soll.

Variable: Basismodell/Vorstufe_Lehrkraftebene (BMV_L)

Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option ‚**Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.

Basismodell (BM) (Wert: 6)	<p><i>Beschreibung:</i> L unterrichtet entsprechend eines Basismodells. Diese Kategorie wird auch gewählt, wenn nicht eindeutig entscheiden werden kann entsprechend welchen BMs/HKSs eines Modells unterrichtet wird.</p>		<p><i>Determinierung:</i> Mindestens eine der Variablen LE_L, PL_L und/oder KB_L muss gewählt werden.</p>
Vorstufe (VSt) (Wert: 5)	<p><i>Beschreibung:</i> Auftakt der Stunde durch Erinnerung oder Wiederholung an die vorangegangene Stunde. Dies kann ausschließlich zu Beginn des Unterrichts stattfinden.</p>	<p><i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Materialien zur Wiederholung bzw. Erinnerung der letzten Stunde(n) Zusammenfassung der letzten Stunde(n) Achtung: Auch inhaltlich nicht relevante Äußerungen zählen in diesem Rahmen zur Wiederholung. „Wir haben Namensschilder und Hefter bekommen“ „Der Kevin hat mich gehauen“</p>	<p><i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_L, PL_L und KB_L ist die Option ‚Leerstelle‘ zu wählen. Wurde bereits einmal BM kodiert, kann danach nicht wieder VSt kodiert werden. Ausnahme: Wenn bei der Vorstellung des Stundenverlaufs zu Beginn der Stunde schon ein BM kodiert wurde, darf danach trotzdem noch Vorstufe kodiert werden</p>

		etc.		
Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Es ist nicht entscheidbar, ob L entsprechend eines Basismodells unterrichtet oder Inhaltliches wiederholt. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn es sich um eine KB-Stunde handelt.		<i>Determinierung:</i> Mindestens eine der Variablen LE_L, PL_L und/oder KB_L muss gewählt werden.	
Weder Basismodell noch Vorstufe (kein BM/VSt) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Es wird weder entsprechend eines BMs unterrichtet noch Vorangegangenes wiederholt.	<i>Indikatoren:</i> L teilt im laufenden Unterricht, Arbeitsmappen, Arbeitsblätter etc. aus kündigt im Unterrichtsverlauf Ablauf der Stunde bzw. Arbeitsphasen an bzw. klärt Fragen hierzu. L diszipliniert SuS, bittet um Aufmerksamkeit L erledigt Organisatorisches L gibt inhaltsunabhängige Handlungsanweisungen. L zählt Handlungsanweisungen bezgl. Verschiedener HKS auf	<i>Determinierung:</i> Wurde in der Variable SFO die Option ‚Sozialformwechsel (SFW)‘ gewählt, so ist grundsätzlich diese Kategorie zu wählen. In den Variablen LE_L, PL_L und KB_L ist die Option ‚Leerstelle‘ zu wählen.	
technischbedingt nicht kodierbar	<i>Beschreibung:</i> Die Lehrkraft ist nicht zu	<i>Indikatoren:</i> L befindet sich zwar im Raum,	<i>Abgrenzung:</i> Ist L nicht zu sehen, aber zu	<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_L, PL_L

(t_nk) (Wert: 2)	sehen/zu hören.	ist aber weder zu sehen noch zu hören. L ist sichtbar aber nicht hörbar.	hören, so wird entsprechend der hörbaren Aussagen kodiert.	und KB_L ist die Option ‚Leerstelle‘ zu wählen.
nicht kodierbar (nk) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Die Lehrkraft ist hinreichend zu sehen bzw. zu hören, dennoch ist nicht entscheidbar, ob ein Basismodellvorliegt oder nicht.	<i>Abgrenzung:</i> Unterrichtsunterbrechungen aufgrund technischer Probleme werden in der Kategorie Missing durch technische Probleme kodiert.	<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_L, PL_L und KB_L ist die Option ‚Leerstelle‘ zu wählen.	

Definition Vorstufe: Wiederholungsphase zu Beginn der Unterrichtsstunde zur Motivation und Kontextherstellung.

Beginn des Unterrichts: Wurde einmal Basismodell kodiert, so ist es nicht mehr möglich anschließend Vorstufe bzw. „Vorstufe oder BM“ zu wählen.

Variable: Lernen durch Eigenerfahrung_Lehrkraftebene (LE_L)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option , **Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable BMV_L die Option ,Basismodell (BM)‘ oder ,Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde.
- Sobald es dem Lernenden möglich ist die Handlung in Bezug zu einem Konzept oder einem Problem zu setzen ist nicht mehr das Basismodell LE zu verwenden.

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt werden.	<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.	
Planung (LE1_L) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Welche Handlung(en) werden geplant? Vorbereitung einer Handlung durch die Erstellung eines Handlungsplans Sammeln von Ideen Aufstellen von Hypothesen bezüglich der nächsten Handlungsschritte Regeln und Sicherheitshinweise zur Versuchsdurchführung Erklärungen zum Umgang mit dem Material	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Genese von Handlungsplan. Durchdenken/Begründen von Handlungsschritten. Erläutert/Erklärt Handlungsschritte. Diskussion bzgl. der Vorgehensweise bei einer konkreten Handlung. Vermutungen bzgl. des Handlungsergebnisses. Korrigieren/Kritisieren von Ideen. Überprüfen/Ergänzen von Ideen. Material zur Handlungsplanerstellung	<i>Abgrenzung:</i> Abgrenzung zu PL : Im Rahmen des Problemlösens ist es notwendig, dass ein konkreter Zielzustand vorgegeben ist. Abgrenzung zu KB : Im Rahmen des Problemlösens ist es notwendig, dass ein konkreter Prototyp/Konzept vorgegeben ist.

		bereit.	
Ausführung (LE2_L) (Wert: 2)	<i>Beschreibung:</i> Welche Handlungen werden ausgeführt? Was ist zu beobachten? Abarbeitung von Handlungsplänen Ausprobieren und Verändern Suchen und Ordnen Beobachten Daten Erfassen und Darstellen	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Interaktion mit Lerngegenstand. Untersuchen von Versuchsmaterial. Beobachten und Berühren des Versuchs(-materials). Beschreiben und Bewerten des Versuchs(-materials). Notieren, Darstellen, Skizzieren von Daten. Ausprobieren. Beobachtungserzählungen. Erklärungsversuche, anhand der gemachten Beobachtungen, Notizen, gesammelten Daten, angefertigten Skizzen . Aufräumen von Experimentiermaterial. Austausch innerhalb der Gruppen.	
Reflexion (LE3_L) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Welches Ergebnis wurde erreicht? War die Vorgehensweise zielführend/sinnvoll? Was sind mögliche Erklärungen? Vergleichen von Erfahrungen Zusammenfassung von Beobachtungen Auseinandersetzen mit Schwierigkeiten	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Austausch der SuS bzgl. der Handlungsdurchführung. Beobachtungen/Auffälligkeiten der Handlungsdurchführungen. Erklärungen/Erklärungsversuche der Handlungsdurchführungen.	<i>Abgrenzung:</i> Wird eine Interaktion mit dem Lerngegenstand hergestellt, so handelt es sich um LE2. Anders als bei LE4 wird der Handlungsplan/die Handlung, nicht die unterschiedlichen Ergebnisse bewertet und reflektiert.

	<p>Handlungsbewertung</p> <p>Erklärungsversuche</p>	<p>Wertungen der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Analysen der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Datenauswertung der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Zweifelt an der Richtigkeit der Planung(selemente) aufgrund von Beobachtungen.</p>	
<p>Generalisierung</p> <p>(LE4_L)</p> <p>(Wert: 4)</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Was hat die Erfahrung gebracht?</p> <p>Was ist das neue Wissen?</p> <p>Welche Gemeinsamkeiten, Unterschiede oder Auffälligkeiten werden erkannt?</p> <p>Zusammenfassen und Vergleichen von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Bewerten von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Verallgemeinern der gemachten Erfahrungen innerhalb des konkreten Erfahrungsrahmens.</p> <p>Dies geschieht innerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen.</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen</p> <p>Benennung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Zusammenfassung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Darstellungen von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Vergleich der Ergebnisse bzgl. Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Verallgemeinern der einzelnen Ergebnisse bzgl. des gemeinsamen Erfahrungsrahmens.</p> <p>Dies geschieht innerhalb des Rahmens</p>	<p><i>Abgrenzung:</i></p> <p>Anders als bei LE3 wird nicht der Handlungsplan bzw. die Handlung, sondern die unterschiedlichen Ergebnisse bewertet und reflektiert. Diese werden dann nach Gemeinsamkeiten untersucht.</p>

		der konkreten gemachten Erfahrungen	
Universalisierung (LE5_L) (Wert: 5)	<i>Beschreibung:</i> Welche Gemeinsamkeiten, Unterschiede oder Auffälligkeiten werden außerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen erkannt? Welche Universalisierungen werden entdeckt? Zusammenfassen und Vergleichen von erlangten Erkenntnissen Bewerten von erlangten Erkenntnissen Verallgemeinern von erlangten Erkenntnissen Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Auffälligkeiten (z.B. Kausalrelationen) bzgl. der Erkenntnisse über den Rahmen der konkret gemachten Erfahrung hinaus Zusammenfassen bzw. Bewerten Dies geschieht außerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen.	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Benennung von Regelmäßigkeiten und Verallgemeinerungen. Zusammenfassung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten. Darstellungen von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten. Dies geschieht außerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen.	
Leerstelle (Wert: 99)	<i>Beschreibung:</i> Dieses Basismodell liegt nicht vor.	<i>Fälle:</i> Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „technischbedingt nicht kodierbar“, „nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, oder „Vorstufe“ gewählt. Oder Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.	

Variable: Problemlösen_Lehrkraftebene (PL_L)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option , **Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable BMV_L die Option ,Basismodell (BM)‘ oder ,Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde.
- Die Optionen PL2, PL3, PL4 und PL5 können nur dann gewählt werden, wenn ein konkretes Problem gegeben ist. (**Definition Problem:** Um von einem Problem zu sprechen liegt notwendigerweise ein konkreter Zielzustand vor. Das Problem muss in Hinblick einer konkreten Situation gelöst werden. Ziel des Problemlösens ist es nicht eine (neue) Erkenntnis zu erarbeiten, sondern bereits erworbene Kenntnisse und Wissen gezielt anzuwenden.)

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt werden.	<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.	
Entdeckung (PL1_L) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Was ist die Problemsituation? Welche Fragen werden entwickelt? Vorstellung eines inhaltlichen Problems Wahrnehmung eines Problems Konfrontation mit Problem Erarbeitung eines Problem(-bereichs)	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Konfrontation mit Problembereich . Erleben/Erfahren eines Widerspruchs zur Erwartung.	<i>Abgrenzung:</i> Das Problem muss konkret sein. Sobald Aussagen als Antworten auf die Frage ,Warum ist es ein Problem?’ verstanden werden können, wird PL2 kodiert.
Formulierung (PL2_L) (Wert: 2)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein. Wie lautet die Problemstellung? Welche Lösungskriterien gibt es? Welche Schwierigkeiten können auftreten?	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Erarbeitung des Zielzustands/Ausgangszustands. Beschreibung des Zielzustands/Ausgangszustands bzgl. der	

	Welche Hypothesen werden aufgestellt? Formulierung Fixierung Erfolgskriterien sammeln Ausgangsbedingungen klären Schwierigkeiten benennen		Unterschiede. Benennen von Auffälligkeiten/Unerwartetem . Berichten über Phänomen/Beobachtungen/Auffälligkeiten eines Zielzustands bzw. Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Start- und Zielzustand. Begründung der Relevanz dieser Eigenschaften
Lösungsideen generieren (PL3_L) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein (PL1 und/oder PL2). Wie könnte ein Lösungsweg aussehen? Was sind die Lösungsvorschläge? Lösungsvorschläge sammeln Lösungsvorschläge visualisieren Lösungsvorschläge beschreiben Alternativen entwickeln	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Entwickeln von Problemlösungen, Lösungsvorschlägen. Veranschaulichen von Lösungsideen Sammeln von Lösungsideen. Erstellen von Handlungsplänen zur Problemlösung. Begründen von Handlungsschritten.	<i>Abgrenzung:</i> In diesem HKS werden Ideen gesammelt und in Bezug zum Problem gesetzt, sobald sie gedanklich abgewägt und ausprobiert werden, wird HKS PL4 kodiert.
Lösungsideen testen (PL4_L) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein (PL1 und/oder PL2). Welcher Lösungsweg wurde getestet? Wie wurde das Problem gelöst? Lösungsweg überprüfen Lösungsweg begründen	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Spekulieren über mögliche Probleme bei der Umsetzung. Feststellen von Problemen bei der Umsetzung. Begründen von Lösungsvorschlag, indem der Lösungsweg ‚durchgespielt‘. Begründen des Handlungsplans zur Lösung bzgl. des Erreichens eines Zielzustands.	

	<p>Hierunter fallen auch Regeln und Sicherheitshinweise zur Durchführung/Erprobung der Lösungswege und Erklärungen zum Umgang mit dem Material</p>	<p>Untersuchten (Beobachten, Anfassen, Beschreiben, Bewerten) von Versuchsmaterial zur Problemlösung.</p> <p>Ausprobieren von Lösungen</p> <p>Erstellen von Notizen, Sammeln von Daten, Anfertigen von Skizzen innerhalb des Lösungsversuchs.</p> <p>Umgang mit zur Lösung relevantem Material.</p> <p>Korrigieren, Kritisieren, Überprüfen und Ergänzen von Ideen.</p>
<p>Auswertung (PL5_L) (Wert: 5)</p>	<p><i>Beschreibungen:</i></p> <p>Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein.</p> <p>Wie wird der Test der Lösungsidee beschrieben, bewertet, verbessert, verallgemeinert?</p> <p>Welches Lösungsschema gibt es?</p> <p>Wie lautet der generalisierte Lösungsweg?</p> <p>Analyse des Lösungswegs</p> <p>Vergleich von Lösungswegen</p> <p>Beurteilung des Lösungswegs</p> <p>Verallgemeinerung des Lösungswegs</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen</p> <p>Zusammenfassen von Gemeinsamkeiten, Regelmäßigkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Vergleichen von Ergebnissen.</p> <p>Analysieren von Ergebnissen.</p> <p>Verallgemeinern von Ergebnissen.</p>
<p>Leerstelle (Wert: 99)</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Dieses Basismodell liegt nicht vor.</p>	<p><i>Fälle:</i></p> <p>Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „technisch-bedingt nicht kodierbar“, „nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, oder „Vorstufe“ gewählt.</p> <p>Oder</p> <p>Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.</p>

Variable: Konzeptbilden_Lehrkraftebene (KB_L)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option , **Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable BMV_L die Option ,Basismodell (BM)‘ oder ,Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde.
- Die Optionen KB3, KB4 und KB5 können nur dann gewählt werden, wenn ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp gegeben ist.

Begriffsklärung:

- Konzept: Mit Konzept ist hier der übergeordnete Begriff gemeint (also z.B. Übergänge durch Erwärmen...)
- Kontext: Unter Kontext wird hier die Einschränkung auf einen Inhaltsbereich verstanden (z.B. ...bei Wasser)

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt werden.	<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.	
Vorwissen aktivieren (KB1_L) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Aus welchen Elementen besteht das Vorwissen? Welche Fehlkonzepte können festgestellt werden? Ankündigung von neuem Konzept/Begriff Vorwissen explizit machen Bezüge zum Vorwissen herstellen Vermutungen zum neuen Konzept sammeln	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Bericht von (außer)unterrichtlich gesammelten Erfahrungen und/oder Kenntnissen Es wird dabei nicht beurteilt, ob das Vorwissen der Frage angemessen bzw. angebracht ist. Sammeln von Ideen zum neuen Kon-	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei der Vorstufe, bei der die gesamte letzte Stunde(n) zusammengefasst wird, steht die Aktivierung von Vorwissen immer im Bezug zum neuen Begriff.

		zept/begriff	
Prototyp durcharbeiten (KB2_L) (Wert: 2)	<i>Beschreibung:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. Welche Struktur besitzt der Prototyp des neuen Konzepts/ des neuen Begriffs? Wie wird die Struktur rekonstruiert? Konzept anhand eines Prototypen vorstellen Durcharbeiten eines prototypischen Musters Rekonstruktion des Prototyps	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Erklären/Beschreiben von Merkmalen des konkreten Prototyps. Rekonstruktion des Prototyps.	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei KB1 wird das Vorwissen nur in Verbindung mit der neuen Information genutzt.
Merkmale des Konzepts erfassen (KB3_L) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. Welche Unterschiede/Gemeinsamkeiten gibt es zwischen dem Neuen und dem Vorwissen? Was sind die wesentlichen Merkmale des neuen Konzepts/ des neuen Begriffs? Formulieren des Konzepts Neue Inhalte Zusammenfassen Erarbeitung wesentlicher Neuheiten	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Erklären/Beschreiben von Merkmalen des neuen Konzepts. Definieren des neuen Konzepts. Rekonstruktion des Begriffs.	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei KB2 muss hier eine Beschreibung/Analyse losgelöst vom konkreten Prototypen stattfinden. Werden Eigenschaften eines ‚Meta-Konzepts‘ bearbeitet, handelt es sich um KB5.

	Einprägen des neuen Konzepts Definieren des neues Konzept Analyse wesentlicher Elemente		
Aktiver Umgang mit Konzept (KB4_L) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. Wie wird das neue Konzept angewendet? In welchem Zusammenhang wird es eingesetzt? Vertiefen des Verständnisses Veranschaulichung des Konzepts/Prototyps Verbindungen zum explizit gemachten Vorwissen herstellen	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Bearbeitung von Anwendungsaufgaben Experimentieren zur Veranschaulichung. Beispiele innerhalb des gegebenen Kontextes finden. Beispiele zur Verdeutlichung finden. Vergleich der erarbeiteten Merkmale des Konzepts mit denen in KB1 gesammelten.	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei KB5 wird hier der Begriff in keinem neuen Kontext bearbeitet.
Transfer (KB5_L) (Wert: 5)	<i>Beschreibungen:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. In welchen anderen Kontexten wird das neue Konzept/ der neue Begriff angewandt? Welche Möglichkeiten gibt es für die Anwendung? Mit was wird es in Zusammenhang gesetzt? Konzept in anderen Kontexten Nutzen	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Benennung anderer Kontexte. Beispiele außerhalb des gegebenen Kontextes finden. Vergleich mit anderen Konzepten/Begriffen. Vom Prototyp abweichender Fälle konstruieren.	

	Beurteilung möglicher Anwendungen Einordnung in Wissenssystem Vernetzen mit bereits bekannten Begriffen oder Konzepten	
Leerstelle (Wert: 99)	<i>Beschreibung:</i> Dieses Basismodell liegt nicht vor.	<i>Fälle:</i> Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „technischbedingt nicht kodierbar“, „nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, oder „Vorstufe“ gewählt. Oder Bei der Variable BMV_L wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.

Variablen: Handlungskettenschritte_Lehrkraftebene (HKS_L)

- Diese Variablen können **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option , **Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.
- Diese Variablen können nur dann gewählt werden, wenn in der Variable BMV_L die Option ,Basismodell (BM)‘ oder ,Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde.
- Diese Variablen können nur dann gewählt werden, wenn in einer der Variablen LE_L, PL_L oder KB_L die Option ,Mehrere Funktionen‘ gewählt wurde.

Handlungskettenschritt_1 HKS_1		Handlungskettenschritt_2 HKS_2		Handlungskettenschritt_3 HKS_3		Handlungskettenschritt_4 HKS_4		Handlungskettenschritt_5 HKS_5	
HKS_1 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_1 oder PL_1 noch KB_1 zu lernen.	HKS_2 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_2 oder PL_2 noch KB_2 zu ler- nen.	HKS_3 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_2 oder PL_2 noch KB_2 zu ler- nen.	HKS_4 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit ent- sprechend LE_4 oder PL_4 noch KB_4 zu lernen.	HKS_5 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entspre- chend LE_5 oder PL_5 noch KB_5 zu lernen.
LE 1 (Wert: 1)	LE_Planung Vgl. LE_L	LE 2 (Wert: 1)	LE_Ausführung Vgl. LE_L	LE 3 (Wert: 1)	LE_Reflexion Vgl. LE_L	LE 4 (Wert: 1)	LE_Generalisierung Vgl. LE_L	LE 5 (Wert: 1)	LE_Universalisierung Vgl. LE_L
PL 1 (Wert: 2)	PL_Entdeckung Vgl. PL_L	PL 2 (Wert: 2)	PL_Formulierung Vgl. PL_L	PL 3 (Wert: 2)	PL_Lösungsideen generieren Vgl. PL_L	PL 4 (Wert: 2)	PL_Lösungsideen testen Vgl. PL_L	PL 5 (Wert: 2)	PL_Auswertung Vgl. PL_L
KB 1 (Wert: 3)	KB_Vorwissen aktivieren Vgl. KB_L	KB 2 (Wert: 3)	KB_Prototyp durcharbeiten Vgl. KB_L	KB 3 (Wert: 3)	KB_Merkmale des Konzepts erfassen Vgl. KB_L	KB 4 (Wert: 3)	KB_Aktiver Umgang Vgl. KB_L	KB 5 (Wert: 3)	KB_Transfer Vgl. KB_L



Basismodelle_Individualebene_SchülerInnen

Kodiermanual zur Videoanalyse

Grundlagen:

- Kodierung in 30-Sekunden-Intervallen.
- Kodiert wird anhand der Aktionskamera und der Gruppentischkamera. Welche der beiden Kameras im konkreten Fall gewählt wird, entscheidet sich anhand der Variable Sfo der Basiskodierung:
 - Die Aktionskamera wird gewählt bei: PL_Sk (im Plenum, Sitzkreis)
 - Die Gruppentischkamera wird gewählt bei: PL_Gt (im Plenum Gruppentisch) und n_PL (nicht Plenum, Gruppentisch)
- Die Zeitleiste wird auf **5 Sek** eingestellt.
- Es wird mit den Tonspuren/der Tonspur kodiert, auf der der S am besten zu verstehen ist.
- Die Entscheidung wird durch das zeitlich überwiegende Verhalten festgelegt:

S muss länger als $\frac{1}{2}$ des Intervalls (16-sek= über **3 Strichzwischenräume**) ausreichend zu sehen (s.u.) sein (wobei die 16 Sekunden nicht am Stück sein müssen, sondern über das Intervall verteilt sein können).

Das Verhalten, welches für die Kodierentscheidung relevant ist muss länger $\frac{1}{2}$ des Intervalls (16-sek= über **3 Strichzwischenräume**) andauern.

- Die Entscheidung ob ein Schüler ausreichend zu sehen ist, hängt von der Entscheidung in der Variablen **Sfo** ab:
In den Fällen **,nicht kodierbar (nk)'**, **,Plenum-Sitzkreis (Pl_Sk)'**, **,Plenum-Gruppentisch (Pl_Gt)'** und **,Wechsel (STW)'** muss vom entsprechenden Lernenden mindestens der Hinterkopf zu sehen sein. Außerdem werden Fälle berücksichtigt, in denen S zwar nicht zu sehen, jedoch eine Äußerung zu hören ist, die diesem S eindeutig zugeschrieben* werden kann. Ist dies nicht der Fall, so wird in der Variable BMV_i **,technischbedingt nicht kodierbar'** gewählt.
Sind im Fall **,nicht Plenum-Gruppentisch'** nicht mindestens die (eindeutig zugeordneten) Hände des Schülers zu sehen **und** dieser Schüler zu hören, so wird in der Variable BMV_i **,technischbedingt nicht kodierbar'** gewählt.
Ausnahme: Wenn eindeutig zu erkennen ist, dass sich der Schüler meldet, ist der jeweilige HKS zu kodieren (sowohl im **Plenum** als auch im **,nicht Plenum-Gruppentisch'**)

- Aus der Basiskodierung werden die Variablen **UZ/InhLm** und **SFO** importiert.
- Es werden nur diejenigen Intervalle berücksichtigt, bei denen in der Basiskodierung **„Inhaltliche Lernmöglichkeit vorhanden/Sozialformwechsel (UZ/InhLm)“** kodiert wurde.
- Es wird sowohl die Aktionskamera als auch die Gruppentischkamera geöffnet. Kodiert wird nach der Gruppentischkamera, es sei denn, der Schüler ist nur auf der Aktionskamera (AK) zu sehen. In diesem Fall muss nach der AK kodiert werden.
- Die Basismodelle LE_i, PL_i und KB_i werden nur dann kodiert, wenn in der Variable BMV_i die Option **„Basismodell (BM)“** oder **„Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)“** gewählt wurde. Wurde eine andere Option gewählt, so ist in diesen Variablen die Option **„Leerstelle“** zu wählen.
- Wurde in der Variable BMV_i **„Basismodell (BM)“** oder **„Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)“** gewählt, so muss mindestens eine der Kategorien LE_i, PL_i und/oder KB_i gewählt werden.

Ist hier eine eindeutige Entscheidung nicht möglich, so können zu Beginn des Unterrichts (d.h. bis zum ersten Intervall an dem eine Festlegung erfolgte) mehrere der (im Prinzip disjunkten) Variablen gleichzeitig gewählt werden.

- Werden mehrere HKS gleichzeitig angeboten, wird die Option **„Mehrere Funktionen“** gewählt.

Fallbeispiel: Schüler X wird kodiert. Die Lehrperson stellt eine Aufgabe des HKS 1, Schüler Y antwortet aber auf der Ebene eines HKS 3. Es ist nicht ersichtlich, ob Schüler X sich mit der Aufgabenstellung der Lehrperson (also HKS1) beschäftigt oder mit der Äußerung des Schülers Y (also HKS 3). Es wird demnach **„Mehrere Funktionen“** sowie **„HKS 1“** und **„HKS 3“** kodiert.

- Wurde in einer der Variablen LE_i, PL_i oder KB_i die Option **„Mehrere Funktionen“** gewählt, so müssen alle fünf HKS-Variablen kodiert werden. Wurde in keiner der Variablen LE_i, PL_i oder KB_i die Option **„Mehrere Funktionen“** gewählt, so ergeben sich für alle fünf HKS-Variablen Leerstellen.
- Wenn die Lehrperson dazu auffordert, zwei oder mehrere HKS zeitgleich durchzuführen, wird der höhere HKS kodiert.
- Wird unter LE_i, PL_i oder KB_i die Variable **„Mehrere Funktionen“** gewählt, so müssen unter HKS_L mindestens zwei gleichzeitig angebotene Handlungskettenschritte (eines Basismodells) gewählt werden.
- Wird ein Arbeitsblatt ausgegeben, auf dem mehrere HKS aufgeführt sind, werden alle diese HKS kodiert. Ausnahme: Es ist explizit zu erkennen, dass eine Aufgabe nicht bearbeitet/gelesen wird.

- Wenn ein Schüler genau 15 Sekunden den einen und 15 Sekunden in den anderen HKS durchführt (also kein HKS länger als 15 Sekunden durchgeführt wird), wird „nicht kodierbar“ gewählt.
- Als Lehrperson gelten alle anwesenden Lehrpersonen (also auch diejenigen, die nicht „Hauptlehrende“ ist).

* Äußerungen können S eindeutig zugeschrieben werden, wenn sie vorher konkret (insb. mit Namen) angesprochen werden und wenn ausgeschlossen werden kann, dass jemand anderes spricht.

Variable: Basismodell/Vorstufe_Individualebene (BMV_i)

Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ/InhLm** die Option **„Inhaltliche Lernmöglichkeit vorhanden/Sozialformwechsel (UZ/InhLm)“** gewählt wurde.

Basismodell (BM) (Wert: 7)	<i>Beschreibung:</i> S. lernt entsprechend eines Basismodells. Diese Kategorie wird auch gewählt, wenn nicht eindeutig entschieden werden kann, entsprechend welchen BMs/HKSs eines Modells unterrichtet wird.		<i>Determinierung:</i> Mindestens eine der Variablen LE_i, PL_i und/oder KB_i muss gewählt werden.	
Vorstufe (VSt) (Wert: 6)	<i>Beschreibung:</i> Auftakt der Stunde durch Erinnerung oder Wiederholung an die vorangegangene/n Stunde/n innerhalb der Unterrichtseinheit. Dies kann ausschließlich zu Beginn des Unterrichts stattfinden.	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Materialien zur Wiederholung bzw. Erinnerung der letzten Stunde(n) Zusammenfassung der letzten Stunde(n) Achtung: Auch inhaltlich nicht relevante Äußerungen zählen in diesem Rahmen zur Wiederholung. „Wir haben Namensschilder und Hefter bekommen“	<i>Abgrenzung:</i> Erinnerungen an Vorangegangene Unterrichtselemente oder Wiederholungen dieser werden als KB 1_i kodiert. Handelt es sich bei den Äußerungen um Berichte von außerunterrichtlich gesammelten Erfahrungen, Kenntnissen, dann handelt es sich um KB1 . Beispiele: „Im Fernsehen habe ich gesehen ...“, „Ich habe früher beobachtet, dass...“, „Ich habe darüber gelesen, dass...“, „Mama hat gesagt/gemacht, dass ...“	<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_i, PL_i und KB_i ist die Option „Leerstelle“ zu wählen.

		„Der Kevin hat mich gehauen“ etc.		
Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt) (Wert: 5)	<i>Beschreibung:</i> Es ist nicht entscheidbar, ob s entsprechend eines Basismodells lernt oder Inhaltliches wiederholt. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn es sich um eine KB-Stunde handelt.		<i>Determinierung:</i> Mindestens eine der Variablen LE_i, PL_i und/oder KB_i muss gewählt werden.	
Weder Basismodell noch Vorstufe (kein BM/VSt) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Aus organisatorischen oder strukturellen Gründen ist es nicht notwendig (bzw. es wird nicht erwartet), dass S entsprechend eines BM lernt. Wurde in der Variable SFO die Option ‚Sozialformwechsel (SFW)‘ gewählt, so ist grundsätzlich diese Kategorie zu wählen.	<i>Indikatoren:</i> Warten auf Material Warten auf Beginn neuer Phase Warten auf Aufweisung		<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_i, PL_i und KB_i ist die Option „Leerstelle“ zu wählen.
Unaufmerksamkeit (UnA) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> S nimmt weder passiv noch aktiv am Unterrichtsgeschehen teil. S. beteiligt sich nicht am	<i>Indikatoren:</i> Beschäftigung mit nicht unterrichtsrelevanten Gegenständen ohne dabei dem Unterricht zu folgen.	<i>Abgrenzung:</i> Ist es aus organisatorischen/strukturellen Gründen nicht notwendig (bzw. es wird nicht erwartet), dass S entspre-	<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_i, PL_i und KB_i ist die Option „Leerstelle“ zu wählen.

	Unterrichtsgeschehen, obwohl erwartet wird, dass S entsprechend eines BM/VSt lernt.	Gespräche über nicht unterrichtsrelevante Inhalte. S stört aktiv den Unterricht, indem S z.B. andere SuS ärgert, mit Sitznachbarn redet (nicht bei inhaltlichen Anmerkungen)	chend eines BM/VSt lernt, so wird die Variable ‚weder BM noch VSt‘ gewählt.	
technischbedingt nicht kodierbar (t_nk) (Wert: 2)	<p><i>Beschreibung:</i> S ist nicht ausreichend zu hören oder zu sehen. Die Bedingungen hierzu ergeben sich aus der Festlegung der SFo: ‚nicht kodierbar‘, ‚Plenum-Sitzkreis‘, ‚Wechsel‘ und ‚Plenum-Gruppentisch‘: das halbe Gesicht bzw. das Profil ist nicht zu sehen und S ist nicht zu hören ‚nicht Plenum-Gruppentisch‘: nicht mindestens die Hände zu sehen und S nicht zu hören S ist zwar zu hören, aber</p>	<p><i>Indikatoren:</i> S befindet sich zwar im Raum, ist aber weder ausreichend zu sehen noch zu hören.</p>	<p><i>Abgrenzung:</i> Unterrichtsunterbrechungen aufgrund technischer Probleme werden in der Kategorie Missing durch technische Probleme kodiert.</p>	<p><i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_i, PL_i und KB_i ist die Option „Leerstelle“ zu wählen.</p>

	nicht zu verstehen*			
nicht kodierbar (nk) (Wert: 88)	<i>Beschreibung:</i> S ist hinreichend zu sehen bzw. zu hören, dennoch ist nicht entscheidbar, ob ein Basismodellvorliegt oder nicht.	<i>Abgrenzung:</i> Unterrichtsunterbrechungen aufgrund technischer Probleme werden in der Kategorie Missing durch technische Probleme kodiert.	<i>Determinierung:</i> In den Variablen LE_i, PL_i und KB_i ist die Option „Leerstelle“ zu wählen.	
Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt/durchdacht usw. werden und es ist nicht ersichtlich, mit welchem HKS sich der/die betreffende SchülerIn befasst.	<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.		

Definition Vorstufe: Wiederholungsphase zu Beginn der Unterrichtsstunde zur Motivation und Kontextherstellung.

Beginn des Unterrichts: Wurde einmal Basismodell kodiert, so ist es nicht mehr möglich anschließend Vorstufe bzw. „Vorstufe oder BM“ zu wählen.

*Der Ton ist hinreichend gut um eine Entscheidung bzgl. der Variable UZ/InhLm und SFo zu treffen, jedoch nicht ausreichend gut um BMV_i entscheiden zu können.

Variable: Lernen durch Eigenerfahrung_Individualebene (LE_i)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ/InhLm** die Option **‚Inhaltliche Lernmöglichkeit vorhanden/Sozialformwechsel (UZ/InhLm)‘** gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable **BMV_i** die Option **‚Basismodell (BM)‘** oder **‚Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘** gewählt wurde.

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt/durchdacht usw. werden und es ist nicht ersichtlich, mit welchem HKS sich der/die betreffende SchülerIn befasst.		<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.
Planung (LE1_i) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Welche Handlung(en) werden geplant? Vorbereitung einer Handlung durch die Erstellung eines Handlungsplans Sammeln von Ideen Aufstellen von Hypothesen bezüglich der nächsten Handlungsschritte Regeln und Sicherheitshinweise zur Versuchsdurchführung Erklärungen zum Umgang mit dem Material	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Genese von Handlungsplan. Durchdenken/Begründen von Handlungsschritten. Erläutert/Erklärt Handlungsschritte. Diskussion bzgl. der Vorgehensweise bei einer konkreten Handlung. Vermutungen bzgl. des Handlungsergebnisses. Korrigieren/Kritisieren von Ideen. Überprüfen/Ergänzen von Ideen.	<i>Abgrenzung:</i> Sobald es dem Lernenden möglich ist die Handlung in Bezug zu einem Konzept oder einem Problem zu setzen ist nicht mehr das Basismodell LE zu verwenden. Abgrenzung zu PL : Im Rahmen des Problemlösens ist es notwendig, dass ein konkreter Zielzustand vorgegeben ist. Abgrenzung zu KB : Im Rahmen des Problemlösens ist es notwendig, dass ein konkreter Prototyp/Konzept vorgegeben ist.

		stellt Material zur Handlungsplanerstellung bereit.	
Ausführung (LE2_i) (Wert: 2)	<i>Beschreibung:</i> Welche Handlungen werden ausgeführt? Was ist zu beobachten? Abarbeitung von Handlungsplänen Ausprobieren und Verändern Suchen und Ordnen Beobachten Daten Erfassen und Darstellen	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Interaktion mit Lerngegenstand. Untersuchen von Versuchsmaterial. Beobachten und Berühren des Versuchs(-materials). Beschreiben und Bewerten des Versuchs(-materials). Notieren, Darstellen, Skizzieren von Daten. Ausprobieren. Beobachtungserzählungen. Erklärungsversuche, anhand der gemachten Beobachtungen, Notizen, gesammelten Daten, angefertigten Skizzen . Aufräumen von Experimentier- bzw. Unterrichtsmaterial sowie diesbezügliche Absprachen Austausch innerhalb der Gruppen.	
Reflexion (LE3_i) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Welches Ergebnis wurde erreicht? War die Vorgehensweise zielführend/sinnvoll? Was sind mögliche Erklärungen? Vergleichen von Erfahrungen Zusammenfassung von Beobachtungen	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Austausch der SuS bzgl. der Handlungsdurchführung. Beobachtungen/Auffälligkeiten der Handlungsdurchführungen.	<i>Abgrenzung:</i> Wird eine Interaktion mit dem Lerngegenstand hergestellt, so handelt es sich um LE2. Anders als bei LE4 wird der Handlungsplan bzw. die Handlung, nicht die unterschiedlichen Ergebnisse bewertet und reflektiert.

	<p>Auseinandersetzen mit Schwierigkeiten</p> <p>Handlungsbewertung</p> <p>Erklärungsversuche</p>	<p>Erklärungen/Erklärungsversuche der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Wertungen der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Analysen der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Datenauswertung der Handlungsdurchführungen.</p> <p>Zweifelt an der Richtigkeit der Planung(selemente) aufgrund von Beobachtungen.</p>	
<p>Generalisierung (LE4_i) (Wert: 4)</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Was hat die Erfahrung gebracht?</p> <p>Was ist das neue Wissen?</p> <p>Welche Gemeinsamkeiten, Unterschiede oder Auffälligkeiten werden erkannt?</p> <p>Zusammenfassen und Vergleichen von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Bewerten von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Verallgemeinern der gemachten Erfahrungen innerhalb des konkreten Erfahrungsrahmens.</p> <p>Dies geschieht innerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt</p> <p>Benennung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Zusammenfassung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Darstellungen von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Vergleich der Ergebnisse bzgl. Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Verallgemeinern der einzelnen Ergebnisse bzgl. des gemeinsamen Erfah-</p>	<p><i>Abgrenzung:</i></p> <p>Anders als bei LE3 wird nicht der Handlungsplan bzw. die Handlung, sondern die unterschiedlichen Ergebnisse bewertet und reflektiert. Diese werden dann nach Gemeinsamkeiten untersucht.</p>

		rungsrahmens. Dies geschieht innerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen	
Universalisieren (LE5_i) (Wert: 5)	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Welche Gemeinsamkeiten, Unterschiede oder Auffälligkeiten werden außerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen erkannt?</p> <p>Welche Universalisierungen werden entdeckt?</p> <p>Zusammenfassen und Vergleichen von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Bewerten von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Verallgemeinern von erlangten Erkenntnissen</p> <p>Gemeinsamkeiten, Unterschiede, Auffälligkeiten (z.B. Kausalrelationen) bzgl. der Erkenntnisse <i>über den Rahmen der konkret gemachten Erfahrung hinaus</i> Zusammenfassen bzw. Bewerten</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt</p> <p>Benennung von Regelmäßigkeiten und Verallgemeinerungen.</p> <p>Zusammenfassung von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Darstellungen von Gemeinsamkeiten und Auffälligkeiten.</p> <p>Dies geschieht außerhalb des Rahmens der konkreten gemachten Erfahrungen</p>	
Leerstelle (Wert: 99)	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Dieses Basismodell liegt nicht vor.</p>	<p><i>Fälle:</i></p> <p>Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „technisch bedingt nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, „Unaufmerksam“, „nicht kodierbar“ oder „Vorstufe“ gewählt.</p> <p>Oder</p> <p>Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.</p>	

Variable: Problem*lösen_Individualebene (PL_i)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ/InhLm** die Option **‚Inhaltliche Lernmöglichkeit vorhanden/Sozialformwechsel (UZ/InhLm)‘** gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable **BMV_i** die Option **‚Basismodell (BM)‘** oder **‚Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘** gewählt wurde.
- Die Optionen PL2, PL3, PL4 und PL5 können nur dann gewählt werden, wenn ein konkretes Problem gegeben ist. (**Definition Problem:** Um von einem Problem zu sprechen liegt notwendigerweise ein konkreter Zielzustand vor. Das Problem muss in Hinblick einer konkreten Situation gelöst werden. Ziel des Problemlösens ist es nicht eine (neue) Erkenntnis zu erarbeiten, sondern bereits erworbene Kenntnisse und Wissen gezielt anzuwenden.)

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt/durchdacht usw. werden und es ist nicht ersichtlich, mit welchem HKS sich der/die betreffende SchülerIn befasst.		<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.
Entdeckung (PL1_i) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Was ist die Problemsituation? Welche Fragen werden entwickelt? Vorstellung eines inhaltlichen Problems Wahrnehmung eines Problems Konfrontation mit Problem Erarbeitung eines Problem(-bereichs)	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Konfrontation mit Problembereich . Erleben/Erfahren eines Widerspruchs zur Erwartung.	<i>Abgrenzung:</i> Das Problem muss methodisch offen und konkret sein. Sobald Aussagen als Antworten auf die Frage ‚Warum ist es ein Problem?‘ verstanden werden können, wird PL2 kodiert.
Formulierung (PL2_i)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein.		<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bear-

(Wert: 2)	Wie lautet die Problemstellung? Welche Lösungskriterien gibt es? Welche Schwierigkeiten können auftreten? Welche Hypothesen werden aufgestellt? Formulierung Fixierung Erfolgskriterien sammeln Ausgangsbedingungen klären Schwierigkeiten benennen	beitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Erarbeitung des Zielzustands/Ausgangszustands. Beschreibung des Zielzustands/Ausgangszustands bzgl. der Unterschiede. Benennen von Auffälligkeiten/Unerwartetem . Berichten über Phänomen/Beobachtungen/Auffälligkeiten eines Zielzustands bzw. Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Start- und Zielzustand. Begründung der Relevanz dieser Eigenschaften	
Lösungsideen generieren (PL3_i) (Wert: 3)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein. Wie könnte ein Lösungsweg aussehen? Was sind die Lösungsvorschläge? Lösungsvorschläge sammeln Lösungsvorschläge visualisieren Lösungsvorschläge beschreiben Alternativen entwickeln	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Entwickeln von Problemlösungen, Lösungsvorschlägen. Veranschaulichen von Lösungsideen Sammeln von Lösungsideen. Erstellen von Handlungsplänen zur Problemlösung. Begründen von Handlungsschritten.	<i>Abgrenzung:</i> In diesem HKS werden Ideen gesammelt und in Bezug zum Problem gesetzt, sobald sie gedanklich abgewogen und ausprobiert werden, wird HKS PL4 kodiert.
Lösungsideen testen (PL4_i) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein. Welcher Lösungsweg wurde getestet? Wie wurde das Problem gelöst?	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Spekulieren über mögliche Probleme bei der Umsetzung. Feststellen von Problemen bei der Umsetzung.	

	<p>Lösungsweg überprüfen Lösungswegbegründen Hierunter fallen auch Regeln zur Durchführung/Erprobung der Lösungswege und Erklärungen zum Umgang mit dem Material.</p>	<p>Begründen von Lösungsvorschlag, indem der Lösungsweg ‚durchgespielt‘ wird. Begründen des Handlungsplan zur Lösung bzgl. des Erreichens eines Zielzustands. Untersuchen (Beobachten, Anfassen, Beschreiben, Bewerten) von Versuchsmaterial zur Problemlösung. Ausprobieren von Lösungen Erstellen von Notizen, Sammeln von Daten, Anfertigen von Skizzen innerhalb des Lösungsversuchs. Umgang mit zur Lösung relevantem Material, holen bzw. organisieren des Materials Korrigieren, Kritisieren, Überprüfen und Ergänzen von Ideen. Aufräumen von Experimentier- bzw. Unterrichtsmaterial sowie diesbezügliche Absprachen</p>
<p>Auswertung (PL5_i) (Wert: 5)</p>	<p><i>Beschreibungen:</i> Eine konkrete Problemstellung muss gegeben sein (PL1 und/oder PL2). Wie wird die Erprobung der Lösungsidee beschrieben, bewertet, verbessert, verallgemeinert? Welches Lösungsschema gibt es? Wie lautet der generalisierte Lösungsweg? Analyse des Lösungswegs Vergleich von Lösungswegen Beurteilung des Lösungswegs Verallgemeinerung des Lösungswegs</p>	<p><i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Zusammenfassen von Gemeinsamkeiten, Regelmäßigkeiten und Auffälligkeiten. Vergleichen von Ergebnissen. Analysieren von Ergebnissen. Verallgemeinern von Ergebnissen.</p>
<p>Leerstelle</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p>	<p><i>Fälle:</i></p>

(Wert: 99)	Dieses Basismodell liegt nicht vor.	<p>Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „technischbedingt nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, „Unaufmerksam“, „nicht kodierbar“ oder „Vorstufe“ gewählt.</p> <p>Oder</p> <p>Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.</p>
-------------------	-------------------------------------	---

Variable: Konzeptbilden_Individualebene (KB_i)

- Diese Variable kann **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ/InhLm** die Option **‚Inhaltliche Lernmöglichkeit vorhanden/Sozialformwechsel (UZ/InhLm)‘** gewählt wurde.
- Diese Variable kann nur dann gewählt werden, wenn in der Variable **BMV_i** die Option **‚Basismodell (BM)‘** oder **‚Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘** gewählt wurde.
- Die Optionen KB3, KB4 und KB5 können nur dann gewählt werden, wenn ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp gegeben ist.

Begriffsklärung:

- Konzept: Mit Konzept ist hier der übergeordnete Begriff gemeint (also z.B. Übergänge durch Erwärmen...)
- Kontext: Unter Kontext wird hier die Einschränkung auf einen Inhaltsbereich verstanden (z.B. ...bei Wasser)

Mehrere Funktionen (MF) (Wert: 0)	<i>Beschreibung:</i> Es liegt dieses BM vor. Mehr als ein Handlungskettenschritt kann durchgeführt/durchdacht usw. werden und es ist nicht ersichtlich, mit welchem HKS sich der/die betreffende SchülerIn befasst.		<i>Determinierung:</i> Wurde diese Option gewählt, so müssen die Variablen HKS kodiert werden.
Vorwissen aktivieren (KB1_i) (Wert: 1)	<i>Beschreibung:</i> Aus welchen Elementen besteht das Vorwissen? Welche Fehlkonzepte können festgestellt werden? Ankündigung von neuem Konzept/Begriff Vorwissen explizit machen Bezüge zum Vorwissen herstellen	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Bericht von (außer)unterrichtlich gesammelten Erfahrungen und/oder Kenntnissen Es wird dabei nicht beurteilt, ob das Vorwissen der Frage angemessen bzw.	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei der Vorstufe, bei der die gesamte letzte Stunde(n) zusammengefasst wird, steht die Aktivierung von Vorwissen immer im Bezug zum neuen Begriff. Bezieht sich das aktivierte Wissen <i>am Anfang</i> der Unterrichtsstunde auf

	<p>Vermutungen zum neuen Konzept sammeln</p> <p>Vorwissen kategorisieren</p>	<p>angebracht ist.</p> <p>Sammeln von Ideen zum neuen Konzept/begriff</p>	<p>Vorwissen, das <i>innerhalb</i> der Unterrichtseinheit erworben wurde, wird Vorstufe kodiert (z.B. „Was haben wir in der letzten Stunde gelernt?“).</p>
<p>Prototyp durcharbeiten (KB2_i) (Wert: 2)</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein.</p> <p>Welche Struktur besitzt der Prototyp des neuen Konzepts/ des neuen Begriffs?</p> <p>Wie wird die Struktur rekonstruiert?</p> <p>Konzept anhand eines Prototypen vorstellen</p> <p>Durcharbeiten eines prototypischen Musters</p> <p>Rekonstruktion des Prototyps</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Erklären/Beschreiben von Merkmalen des konkreten Prototyps.</p> <p>Rekonstruktion des Prototyps.</p> <p>Aufräumen von Experimentier- oder Unterrichtsmaterial, das für den Prototypen genutzt wurde sowie diesbezügliche Absprachen</p>	<p><i>Abgrenzung:</i></p> <p>Anders als bei KB1 wird das Vorwissen nur in Verbindung mit der neuen Information genutzt.</p>
<p>Merkmale erfassen (KB3_i) (Wert: 3)</p>	<p><i>Beschreibung:</i></p> <p>Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein.</p> <p>Was sind die wesentlichen Merkmale des neuen Konzepts/ des neuen Begriffs?</p> <p>Formulieren des Konzepts</p> <p>Neue Inhalte Zusammenfassen</p> <p>Erarbeitung wesentlicher Neuheiten</p>	<p><i>Indikatoren:</i></p> <p>S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Erklären/Beschreiben von Merkmalen des neuen Konzepts.</p> <p>Definieren des neuen Konzepts.</p> <p>Rekonstruktion des neuen Begriffs.</p>	<p><i>Abgrenzung:</i></p> <p>Anders als bei KB2 muss hier eine Beschreibung/Analyse losgelöst von dem konkreten Prototypen stattfinden.</p>

	Einprägen des neuen Konzepts Definieren des neues Konzept		
Aktiver Umgang (KB4_i) (Wert: 4)	<i>Beschreibung:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. Wie wird das neue Konzept angewendet? In welchem Zusammenhang wird es eingesetzt? Vertiefen des Verständnisses Veranschaulichung des Konzepts/Prototyps Analyse wesentlicher Elemente Verbindungen zwischen dem neuen Konzept und dem explizit gemachten Vorwissen herstellen.	<i>Indikatoren:</i> S gibt, erarbeitet, diskutiert, ist beteiligt an, sammelt, bearbeitet, betrachtet, wiederholt, fasst zusammen, folgt Bearbeitung von Anwendungsaufgaben Experimentieren zur Veranschaulichung. Beispiele innerhalb des gegebenen Kontextes finden. Beispiele zur Verdeutlichung finden. Vergleich der erarbeiteten Merkmale des Konzepts mit denen in KB1 gesammeln.	<i>Abgrenzung:</i> Anders als bei KB5 wird hier der Begriff in keinem neuen Kontext bearbeitet.
Transfer (KB5_i) (Wert: 5)	<i>Beschreibungen:</i> Ein konkretes Konzept/ein konkreter Prototyp muss gegeben sein. In welchen anderen Kontexten wird das neue Konzept/ der neue Begriff angewandt? Welche Möglichkeiten gibt es für die Anwendung? Mit was wird es in Zusammenhang gesetzt? Konzept in anderen Kontexten Nutzen Beurteilung möglicher Anwendungen	<i>Indikatoren:</i> L gibt, vermittelt, fordert auf, leitet an, moderiert, sammelt, wiederholt, fasst zusammen Benennung anderer Kontexte. Beispiele außerhalb des gegebenen Kontextes finden. Vergleich mit anderen Konzepten/Begriffen. Vom Prototyp abweichender Fälle konstruieren.	

	Einordnung in Wissenssystem Vernetzen mit bereits bekannten Begriffen oder Konzepten	
Leerstelle (Wert: 99)	<i>Beschreibung:</i> Dieses Basismodell liegt nicht vor.	<i>Fälle:</i> Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „technischbedingt nicht kodierbar“, „Weder Basismodell noch Vorstufe“, „Unaufmerksam“, „nicht kodierbar“ oder „Vorstufe“ gewählt. Oder Bei der Variable BMV_i wurde einer der Optionen „Basismodell oder Vorstufe“ oder „Basismodell“, gewählt, und es kann ausgeschlossen werden, dass es sich um dieses Basismodell handelt.

Variablen: Handlungskettenschritte_Individualebene (HKS_i)

- Diese Variablen können **nur** dann gewählt werden, wenn in der Variable **UZ** die Option , **Unterrichtszeit** (UZ)‘ gewählt wurde.
- Diese Variablen können nur dann gewählt werden, wenn in der Variable BMV_L die Option ,Basismodell (BM)‘ oder ,Basismodell oder Vorstufe (BM/VSt)‘ gewählt wurde.
- Diese Variablen können nur dann gewählt werden, wenn in einer der Variablen LE_L, PL_L oder KB_L die Option ,Mehrere Funktionen‘ gewählt wurde.

Handlungskettenschritt_1 HKS_1		Handlungskettenschritt_2 HKS_2		Handlungskettenschritt_3 HKS_3		Handlungskettenschritt_4 HKS_4		Handlungskettenschritt_5 HKS_5	
HKS_1 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_1 oder PL_1 noch KB_1 zu lernen.	HKS_2 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_2 oder PL_2 noch KB_2 zu ler- nen.	HKS_3 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entsprechend LE_2 oder PL_2 noch KB_2 zu ler- nen.	HKS_4 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit ent- sprechend LE_4 oder PL_4 noch KB_4 zu lernen.	HKS_5 liegt nicht vor (nein) (Wert: 0)	Es besteht weder die Möglichkeit entspre- chend LE_5 oder PL_5 noch KB_5 zu lernen.
LE 1 (Wert: 1)	LE_Planung Vgl. LE_L	LE 2 (Wert: 1)	LE_Ausführung Vgl. LE_L	LE 3 (Wert: 1)	LE_Reflexion Vgl. LE_L	LE 4 (Wert: 1)	LE_Generalisierung Vgl. LE_L	LE 5 (Wert: 1)	LE_Universalisierung Vgl. LE_L
PL 1 (Wert: 2)	PL_Entdeckung Vgl. PL_L	PL 2 (Wert: 2)	PL_Formulierung Vgl. PL_L	PL 3 (Wert: 2)	PL_Lösungsideen generieren Vgl. PL_L	PL 4 (Wert: 2)	PL_Lösungsideen testen Vgl. PL_L	PL 5 (Wert: 2)	PL_Auswertung Vgl. PL_L
KB 1 (Wert: 3)	KB_Vorwissen aktivieren Vgl. KB_L	KB 2 (Wert: 3)	KB_Prototyp durcharbeiten Vgl. KB_L	KB 3 (Wert: 3)	KB_Merkmale des Konzepts erfassen Vgl. KB_L	KB 4 (Wert: 3)	KB_Aktiver Umgang Vgl. KB_L	KB 5 (Wert: 3)	KB_Transfer Vgl. KB_L